

# Cap. 3

## Proiezioni ortografiche

# Cap. 3

## Proiezioni Ortografiche

- Sistemi di Proiezioni (Generalità, Metodo Europeo, Metodo Americano, Metodo delle Frecce)
- Teoria delle proiezioni:
  - A. Proiezione di un punto;
  - B. Proiezione di un segmento;
  - C. Proiezione di figure piane;
  - D. Proiezione di solidi;
- Proiezioni di oggetti reali (solidi tridimensionali)
- Casi particolari
- Esercizi di rappresentazione

# Sistemi di Proiezioni

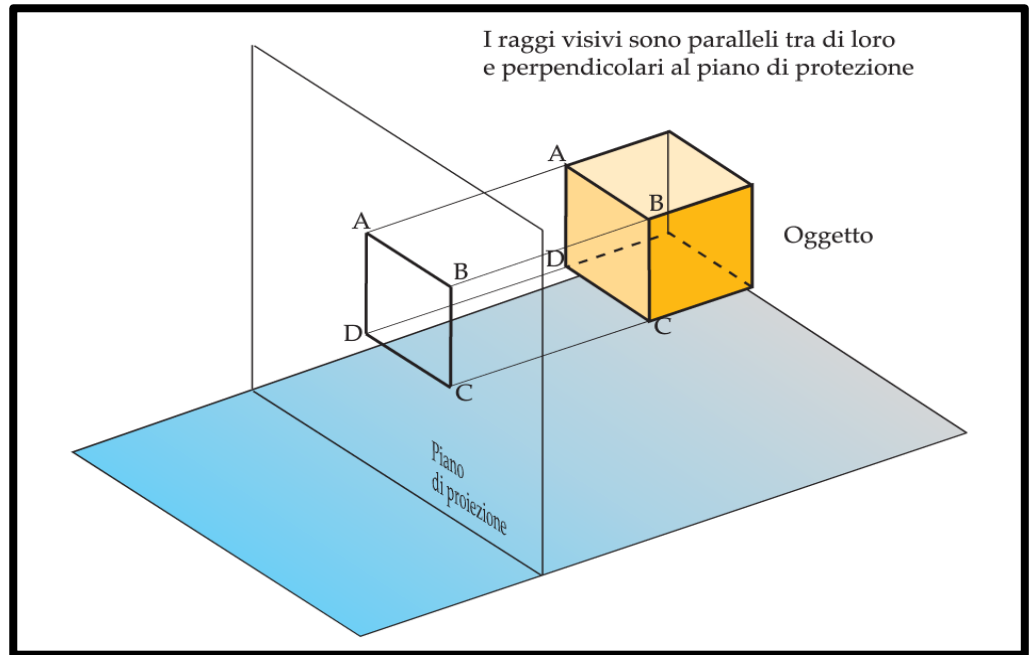
**Metodo Europeo, Metodo Americano,  
Metodo delle Frecce**

# Generalità

Il metodo grafico delle **proiezioni ortogonali** consiste nel proiettare sul piano del disegno (quadro), da distanza infinita ed in direzione normale ad esso, l'oggetto da rappresentare (figura 1).

I raggi proiettanti ne disegneranno, sul quadro, il *contorno*, formato da una sequenza di linee essenziali (ad es. gli spigoli).

*Fig. 1 – Proiezione ortogonale di un cubo*



In altre parole, la proiezione è la vista di un oggetto riportato sul piano di rappresentazione per mezzo di rette passanti per i punti più significativi : i punti nei quali queste rette, o linee proiettanti, intersecano tale piano, definiscono le **proiezioni** dell'oggetto.

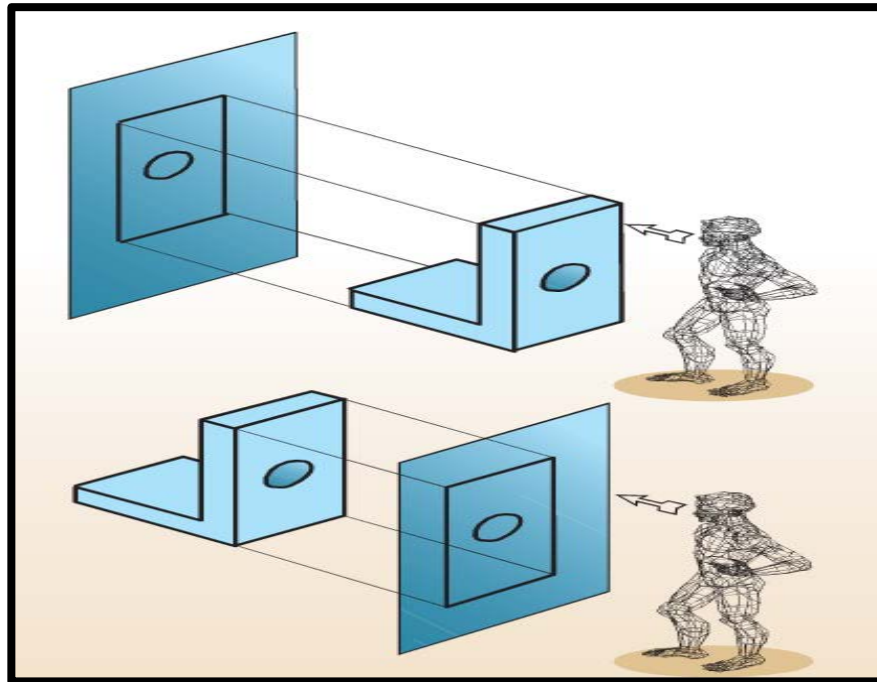
Quando l'oggetto viene disposto con una faccia parallela al quadro (ossia quando la *terna di riferimento* dell'oggetto presenta uno qualunque dei suoi piani coordinati parallelo al quadro) , si parla di **proiezioni ortografiche**.

### Nota

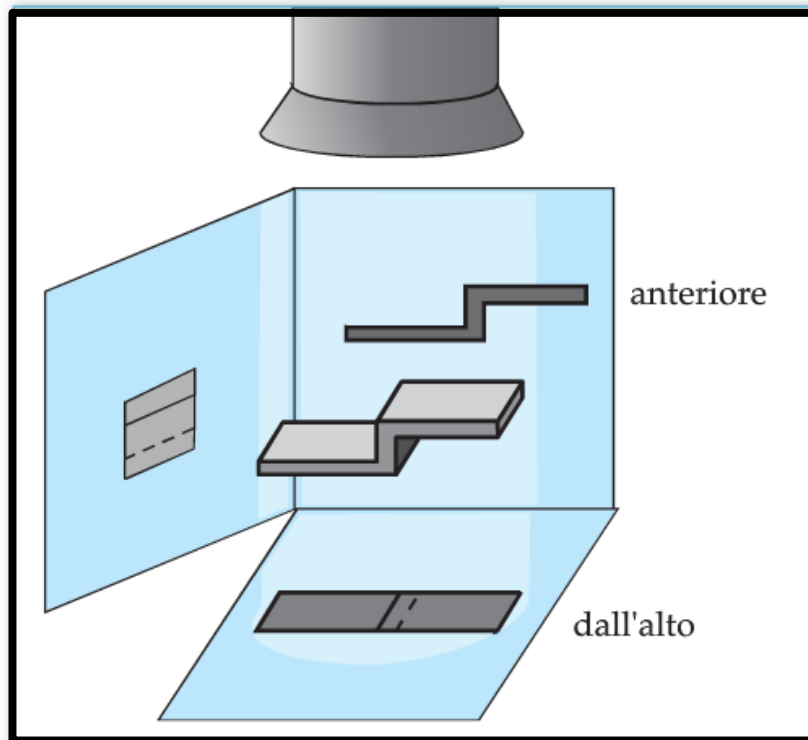
Comunemente le **proiezioni ortografiche** vengono chiamate **proiezioni ortogonali**, anche se ciò non è corretto, in quanto, come già premesso nel Cap.1, le proiezioni ortogonali comprendono sia le **proiezioni ortografiche**, sia l'**assonometria ortogonale**.

D'ora in poi, comunque, con il termine **proiezioni ortogonali** si intenderanno **solo le proiezioni ortografiche**.

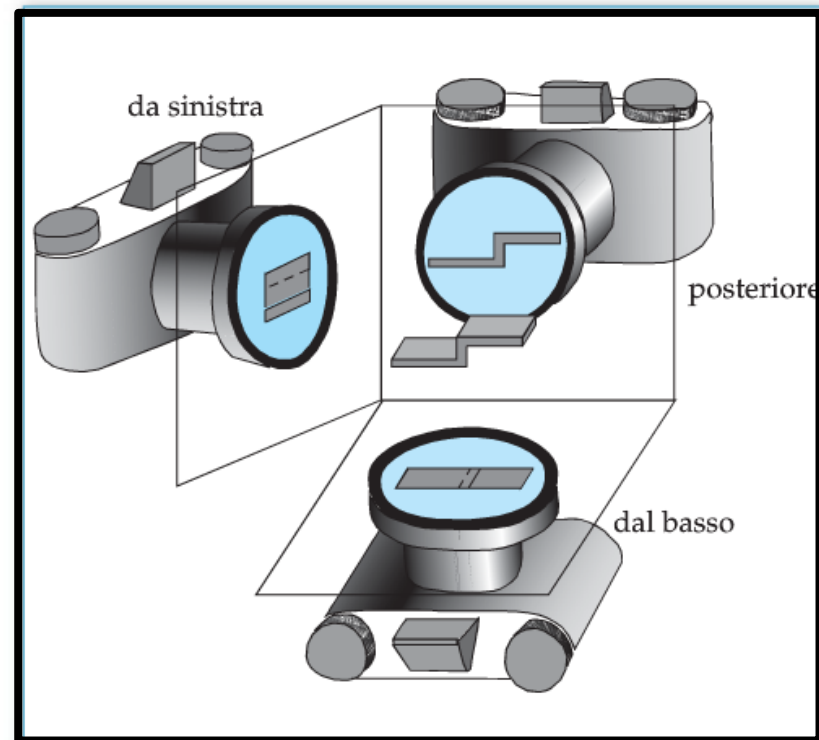
Le proiezioni ortografiche (ortogonali) possono essere effettuate secondo tre “metodi”: **metodo europeo** , **metodo americano** e metodo delle frecce. La differenza sostanziale tra i primi due metodi sta nella posizione dei piani di proiezione e dell’oggetto da proiettare rispetto al punto di osservazione (figure 2, 3 e 4).



*Fig. 2 – Differenza tra il sistema europeo (in alto) e il sistema americano (in basso). Nel metodo europeo l’oggetto è situato tra l’osservatore e il piano di proiezione; nel metodo americano è il piano di proiezione ad essere ubicato tra l’osservatore e l’oggetto da proiettare.*



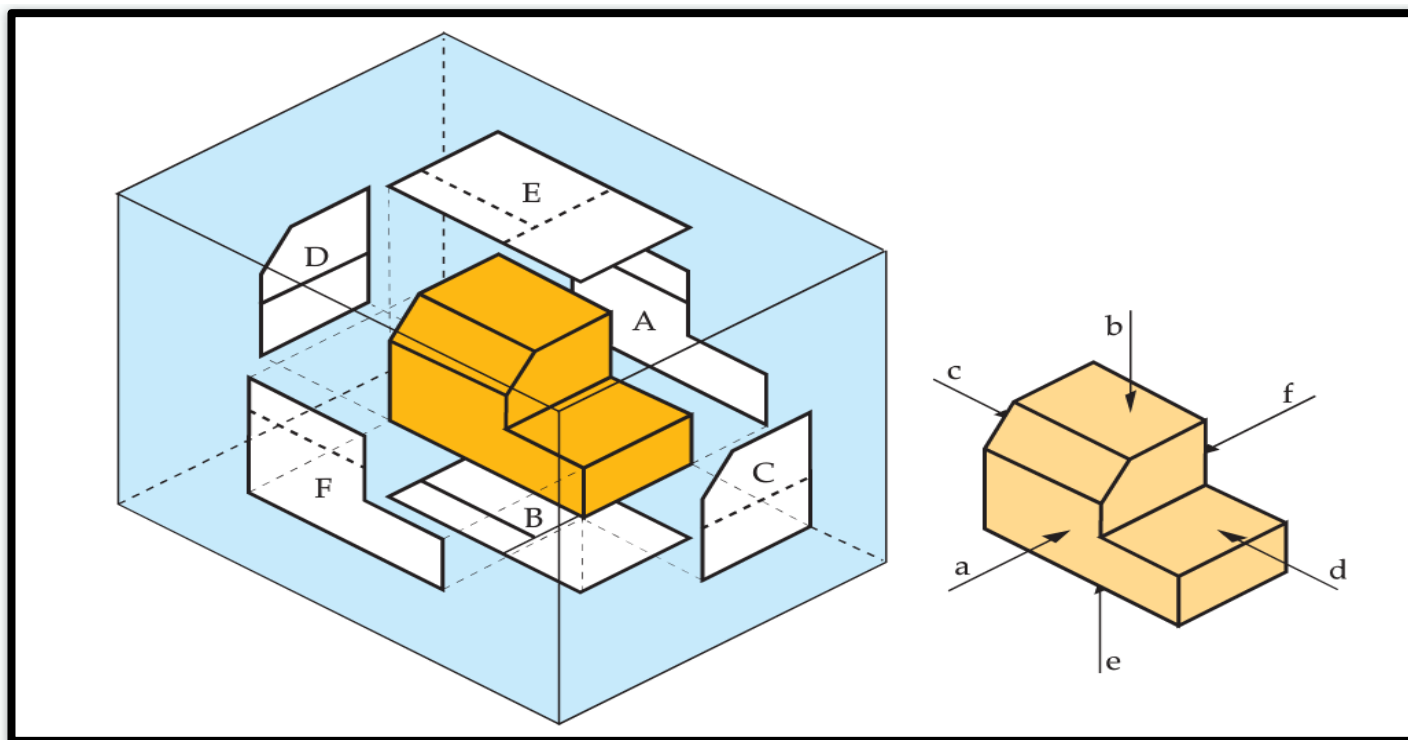
*Fig. 3 – Metodo europeo o della torcia elettrica*



*Fig. 4 – Metodo americano o della macchina fotografica*

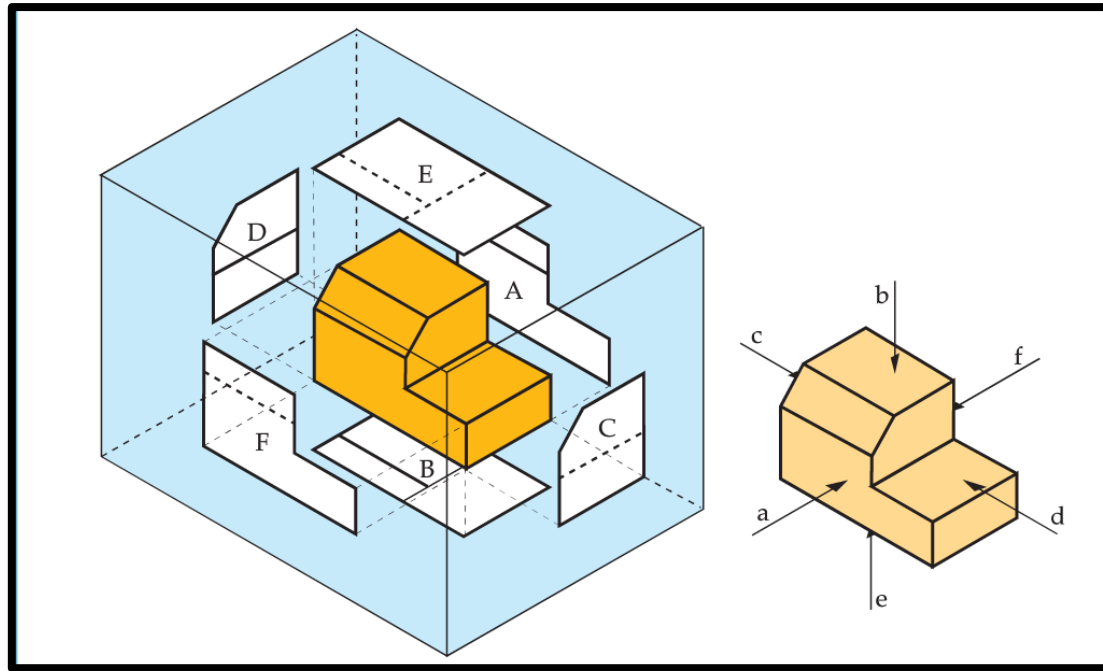
## Metodo europeo (utilizzato nella maggioranza dei casi)

Si ponga l'oggetto da rappresentare all'interno di una scatola a forma di parallelepipedo, e si proiettino ortogonalmente tutti i punti secondo sei direzioni perpendicolari tra loro sulle sei facce interne della scatola. Queste proiezioni rappresentano dunque sei diverse viste del pezzo (figura 5).



*Fig.5 – Le sei proiezioni di un oggetto posto all'interno di un parallelepipedo*



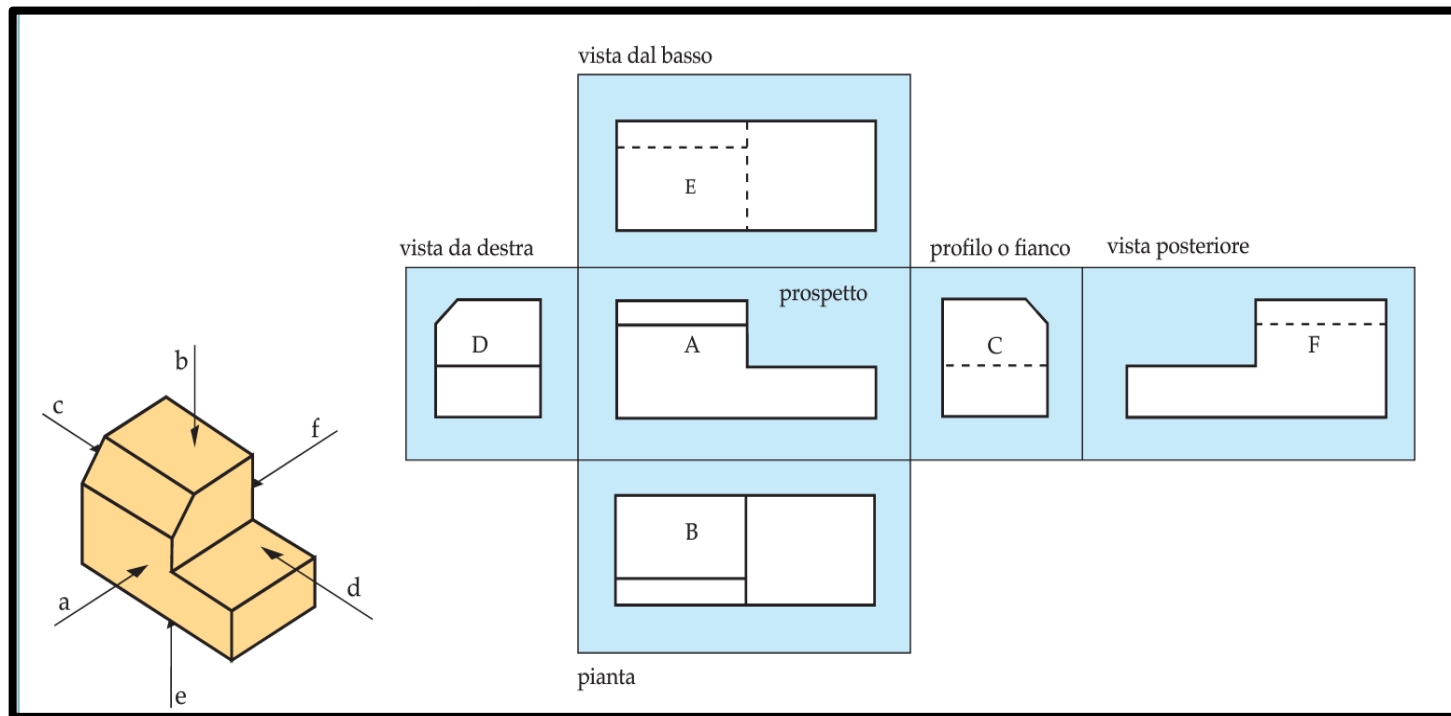


*Fig. 5 rip.*

La denominazione unificata delle sei viste è la seguente:

- vista secondo A: vista anteriore o ***principale***, o ***prospetto*** (termine più comunemente usato);
- vista secondo B: vista dall'alto o ***pianta***;
- vista secondo C: vista da sinistra o ***fianco*** o ***profilo***;
- vista secondo D: vista da destra;
- vista secondo E: vista dal basso;
- vista secondo F: vista posteriore.

Se sul foglio del disegno queste sei viste fossero disposte senza ordine e senza indicazioni, sarebbe difficile capire come è fatto l'oggetto. L'interpretazione del disegno è invece possibile se si dispongono le sei viste in ***posizioni fisse una rispetto all'altra*** : esse sono quelle che si ottengono tagliando l'immaginaria scatola lungo 7 dei suoi spigoli, aprendola e sviluppandola su un piano. Sviluppando le sei facce della scatola, si riescono ad avere dinanzi agli occhi tutte e sei le proiezioni. La posizione che esse assumono nel foglio sul quale viene riprodotto lo sviluppo delle sei facce è quella di figura 6.



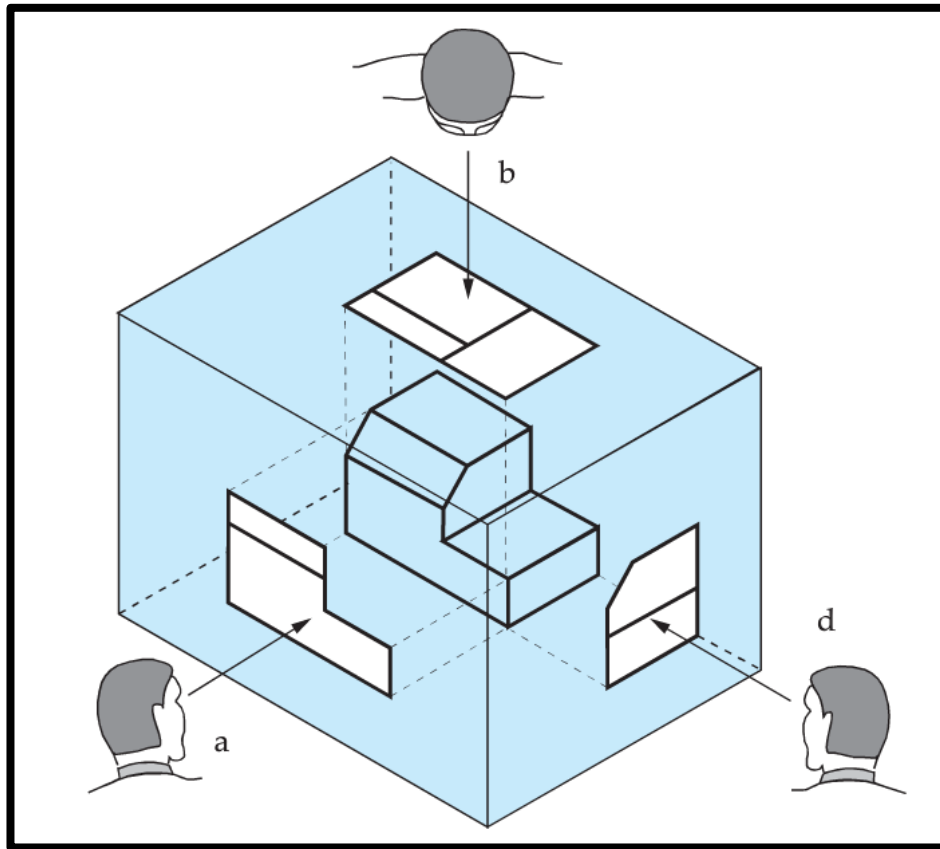
*Fig. 6 —  
L'apertura  
della scatola  
nel metodo  
europeo:  
posizioni delle  
proiezioni nel  
piano*

*Di solito, tre proiezioni (prospetto A, pianta B e profilo C), messe nella posizione indicata, sono sufficienti per dedurre in modo preciso, e senza ambiguità, la forma e le dimensioni dell'oggetto rappresentato.* Addirittura, con l'aiuto di opportune convenzioni, si possono ridurre i piani di proiezione a due ed anche ad uno. Di volta in volta il disegnatore, dopo aver studiato il pezzo, si renderà conto di quante viste occorrano.

Qualunque sia il metodo prescelto (europeo od americano), è necessario stabilire la *vista principale (prospetto)* : in linea di massima si assume come tale quella che rappresenta l'oggetto nella sua posizione di utilizzazione, oppure quella che mette in evidenza la maggior parte delle caratteristiche del pezzo. *Di regola, si orienta quindi l'oggetto in modo che il suo prospetto ne faccia intuire la forma, quanto più è possibile .*

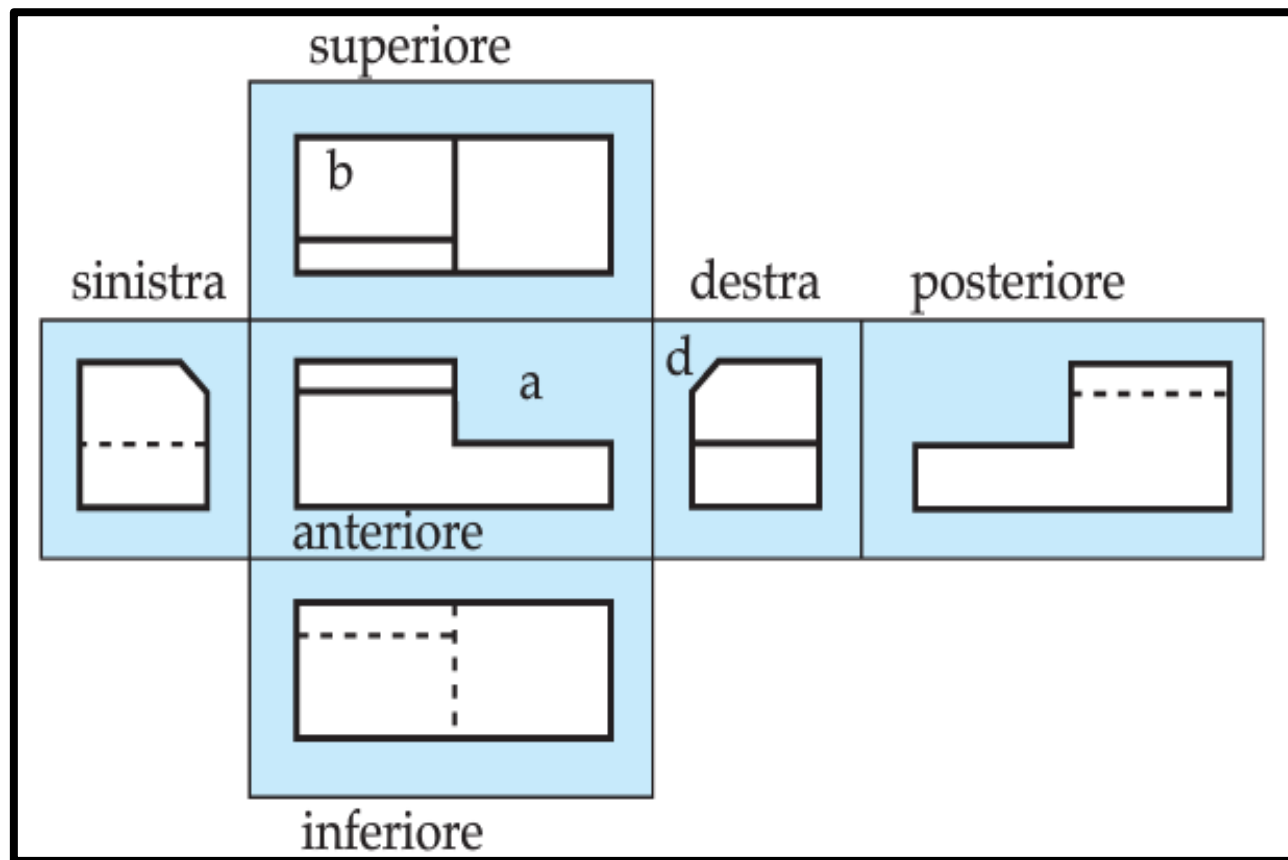
## Metodo americano (utilizzato nei paesi di lingua anglosassone)

Si immagini di avere un oggetto all'interno di una scatola di vetro e di osservarlo da sei differenti posizioni (figura 7). Tutte le viste appariranno sui piani *ubicati tra l'osservatore e l'oggetto*. Si immagini poi di aprire la scatola.



*Fig. 7 – Nel caso del metodo americano si può immaginare di osservare l'oggetto posto all'interno di una scatola trasparente*

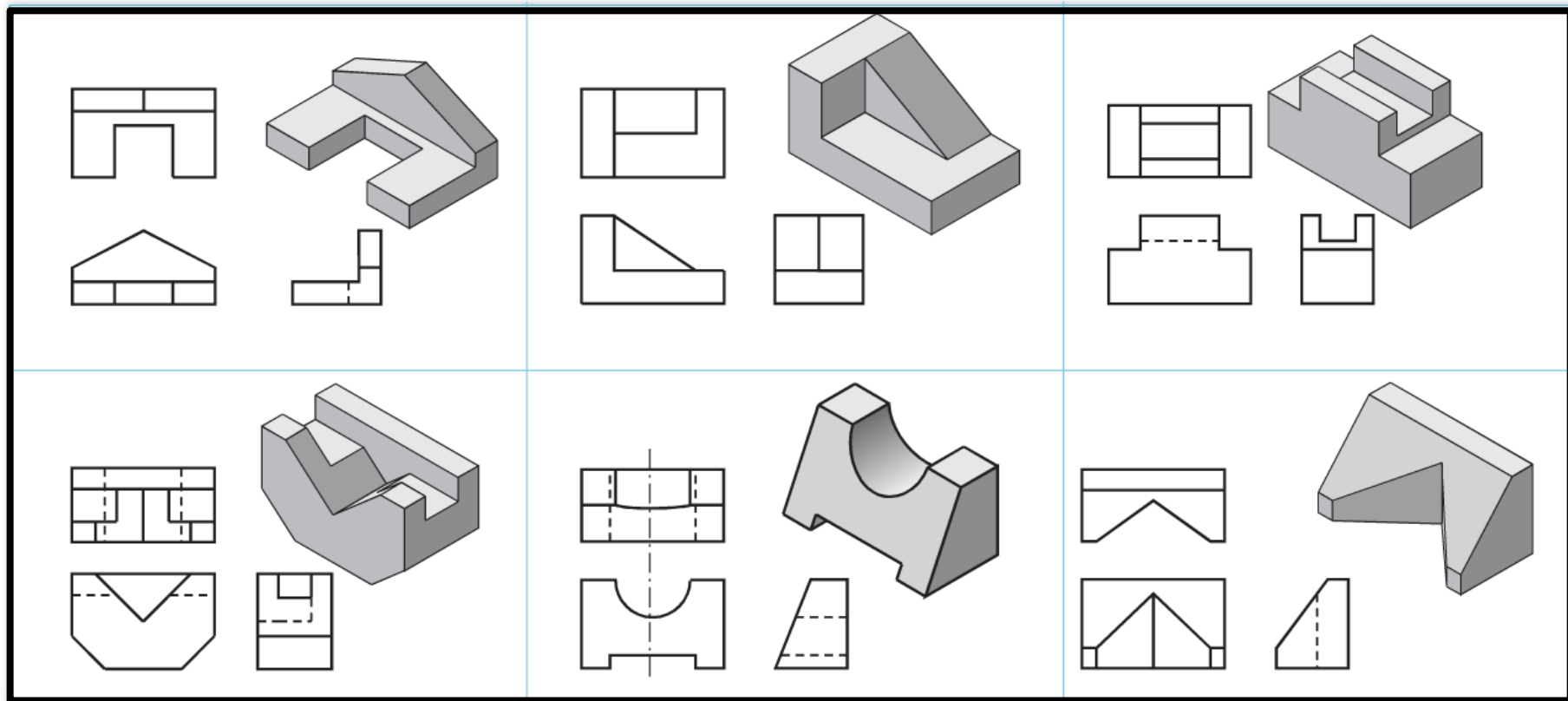
Si ottiene la disposizione delle viste indicata nella figura 8.



*Fig. 8 – L'apertura della scatola nel metodo americano: posizione delle proiezioni nel piano*

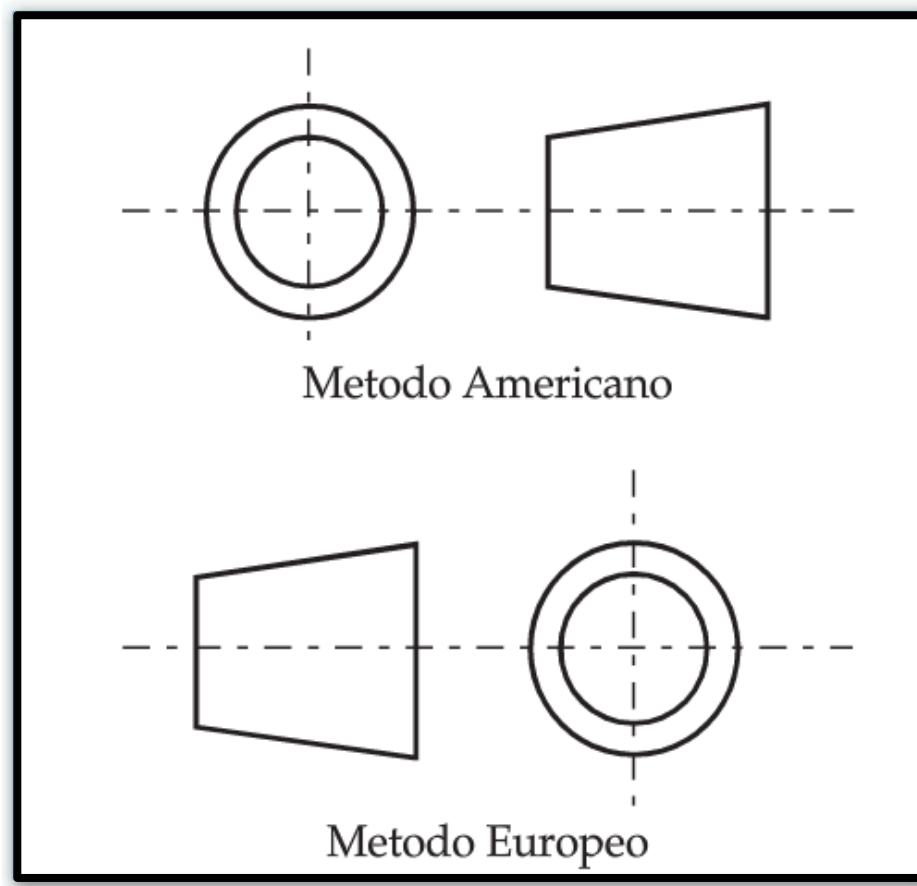
Come si vede, contrariamente al metodo europeo, la vista dall'alto si trova al di sopra della vista principale, la vista da destra è posta a destra e la vista da sinistra a sinistra.

La figura 9 mostra alcuni esempi di oggetti disegnati in proiezione ortogonale con il metodo americano. Si noti la diversa posizione del profilo rispetto al metodo europeo.



*Fig. 9 – Alcuni oggetti rappresentati col metodo americano*

Le norme internazionali raccomandano di **simboleggiare sui disegni le disposizioni americane o europee** con le proiezioni del tronco di cono visibili nella figura 10. Tale simbolo va posto nel **cartiglio**.

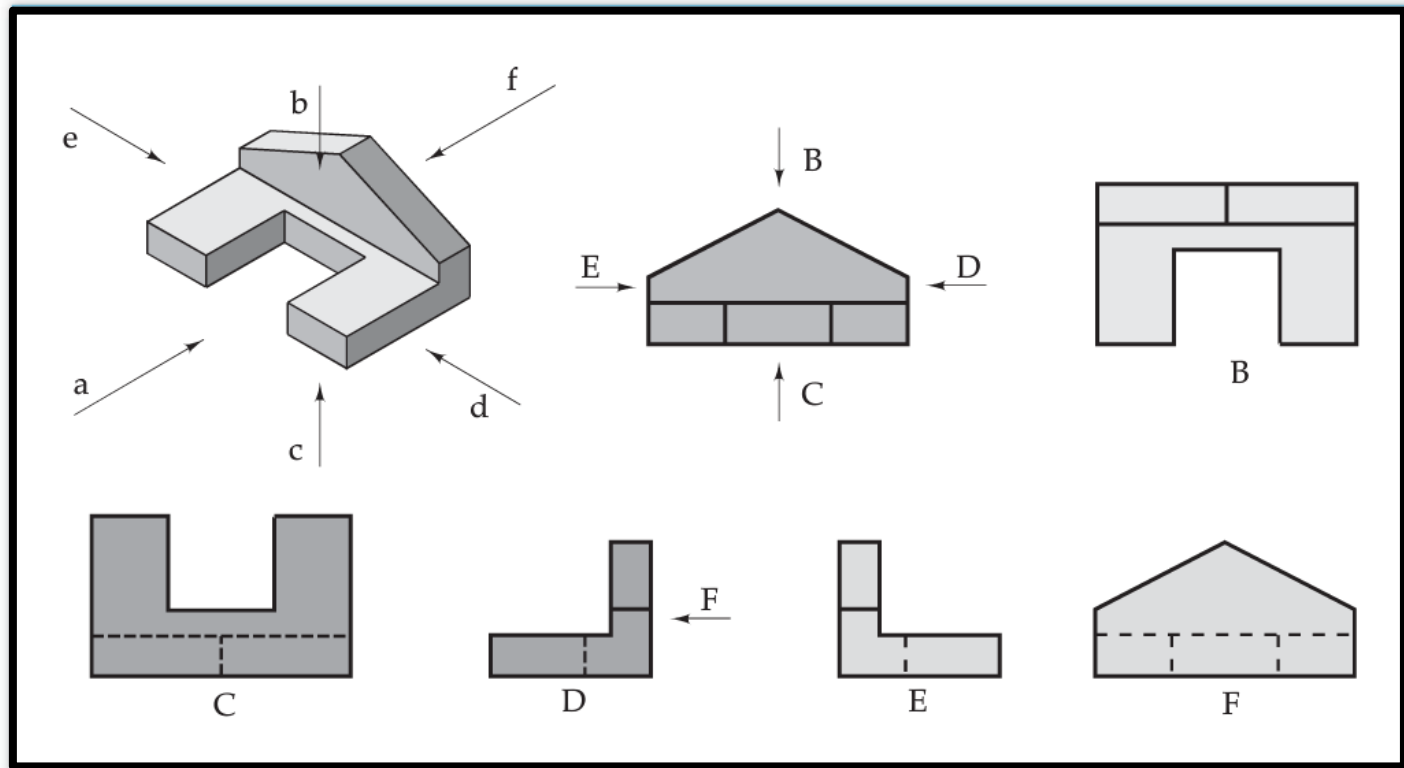


*Fig. 10 – I due simboli da apporre nel cartiglio nel caso di utilizzo del metodo americano (in alto) o del metodo europeo (in basso)*

**IMPORTANTE**

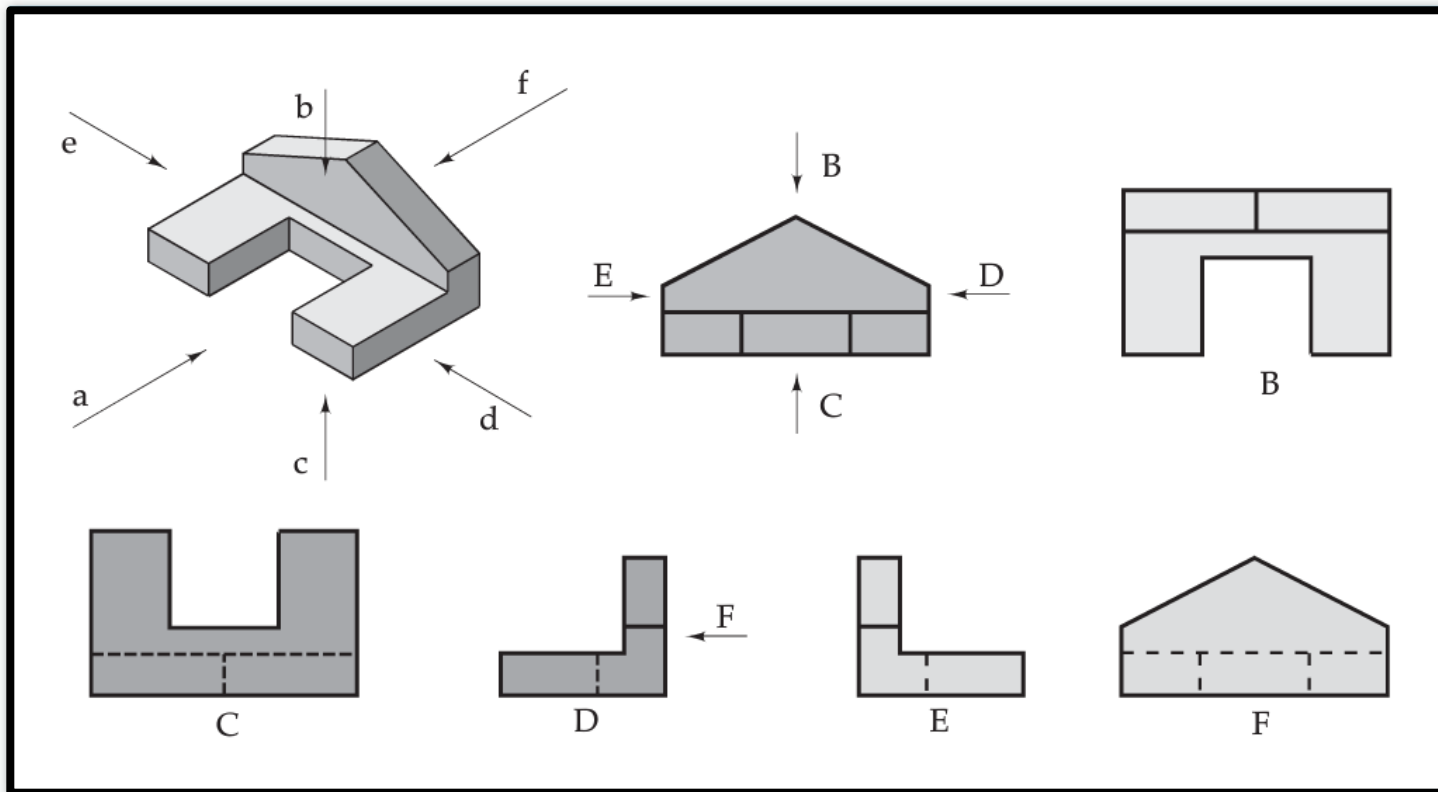
# Metodo delle frecce di riferimento (non è consigliabile)

Dagli anni '80 è stato introdotto il concetto di proiezione secondo le direzioni indicate con lettere minuscole, come in figura 11, introducendo un nuovo metodo di disposizione delle viste, il **metodo delle frecce**, sostitutivo dei due metodi descritti (europeo ed americano) .



*Fig. 11 – Il metodo delle frecce*

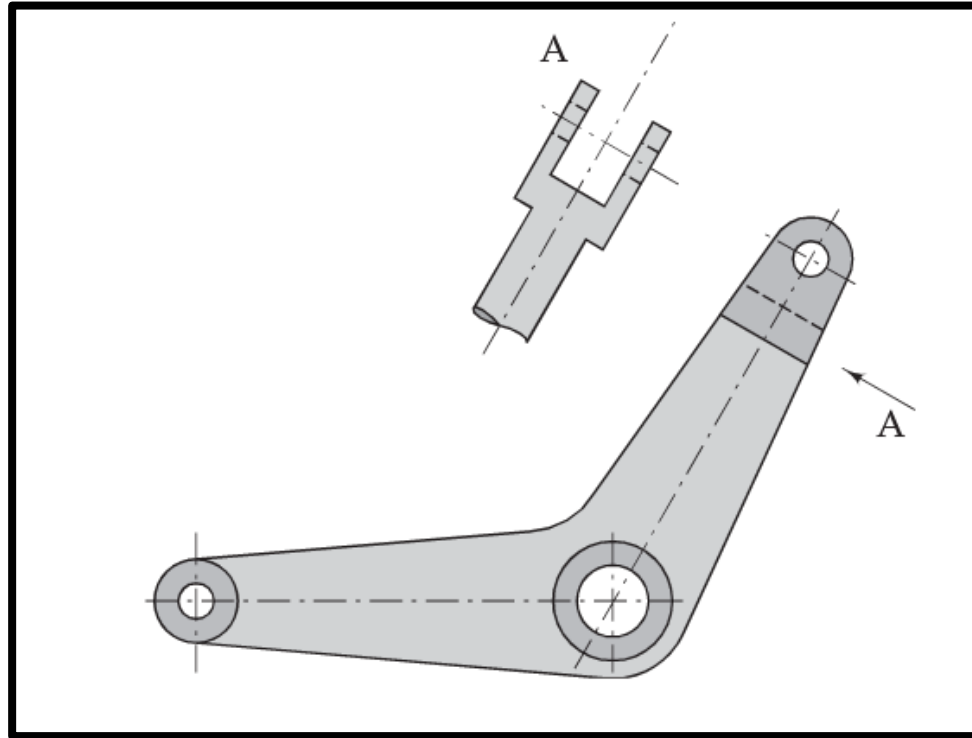




*Fig. 11 rip.*

Secondo questo metodo **sulla vista principale** si devono indicare con delle frecce le direzioni di osservazione delle altre viste, contrassegnando ogni freccia con una lettera maiuscola; **le viste possono essere disposte sul disegno in posizione qualsiasi**, e ognuna (**tranne quella principale**) risulta identificata dalla stessa lettera (maiuscola) associata alla freccia che indica inequivocabilmente la direzione da cui si guarda l'oggetto.

L'evoluzione degli strumenti di disegno automatizzato, con la possibilità di visualizzare l'oggetto modellato da qualsiasi punto di vista (figura 12), ha portato ad una maggiore applicazione di questo metodo, che è diventato il metodo principale di rappresentazione secondo la norma UNI ISO 128-30



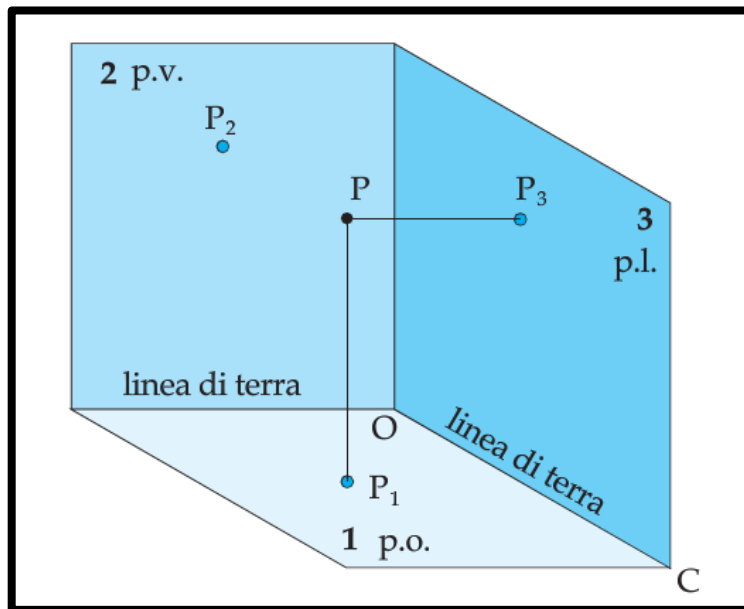
*Fig. 12 – Quando per illustrare determinate particolarità di un oggetto è sufficiente una vista parziale, questa può essere aggiunta ad un'altra vista, indicando la direzione di proiezione e interrompendola con linea irregolare*

# Teoria delle proiezioni

## A – Proiezione di un punto

Poiché le proiezioni ortogonali di qualsiasi oggetto possono essere pensate come le proiezioni dei punti che lo compongono, si considerino innanzi tutto le relazioni esistenti fra le tre proiezioni di un punto.

I tre **piani principali** sui quali si effettuano le tre proiezioni di un punto P formano un *triedro rettangolo*, cioè si presentano in modo analogo alle *tre pareti di una stanza, concorrenti in uno dei vertici* e che vengono chiamati:



*Fig. 13 – Le tre proiezioni di un punto su tre piani tra loro ortogonali*

- **Piano orizzontale** (p.o.),
- **Piano verticale** (p.v.)
- **Piano laterale** (p.l.).

Il punto viene proiettato su ognuno dei tre piani principali (figura 13).

Effettuata la proiezione di P, si deve poi immaginare di tagliare il *triedro* lungo la semiretta OC (in comune tra il p.o. ed il p.l.) e di aprirlo, ribaltando i piani orizzontale e laterale sul piano verticale.

Dopo il ribaltamento, le tre proiezioni assumono la posizione indicata nella figura 13a, cioè:

- 1) la prima proiezione  $P_1$  e la seconda proiezione  $P_2$  (pianta e prospetto del punto  $P$ ) si trovano sulla stessa perpendicolare alla **retta l.t.** (detta **linea di terra**, che è l'unione di due semirette d'intersezione, una tra p.v. e p.o. , l'altra tra p.l. e p.o.);
- 2) la seconda proiezione  $P_2$  e la terza proiezione  $P_3$  si trovano sulla stessa parallela alla linea di terra **l.t.**;
- 3) i punti della linea di terra intersezione tra i piani p.o. e p.l. , considerati appartenenti al p.o. (giacenti quindi sulla semiretta OC), si riportano sul p.l. descrivendo degli archi di circonferenza di  $90^\circ$  con centro in O.

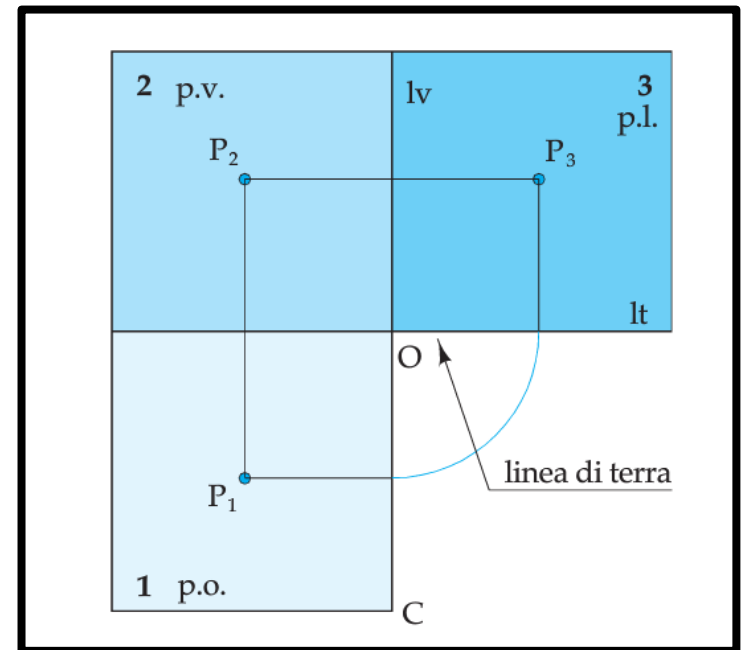
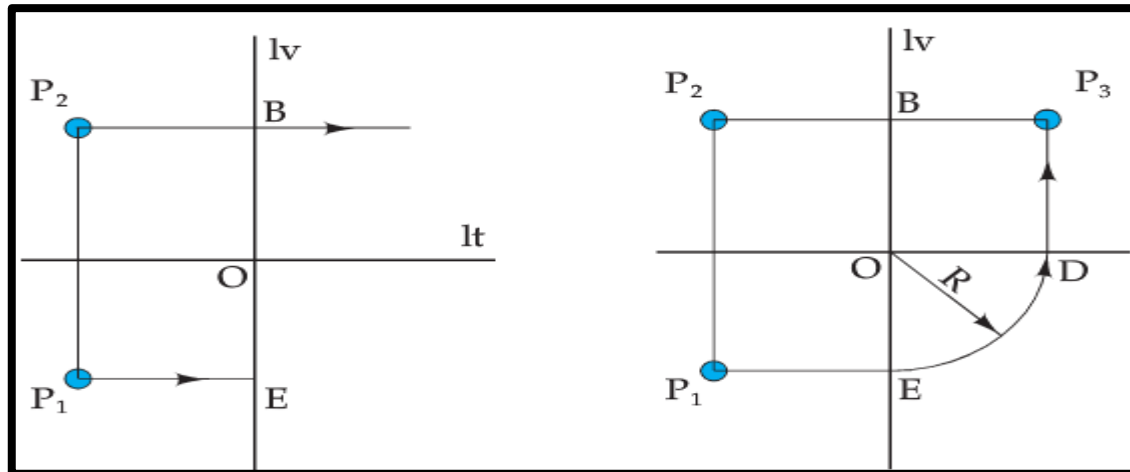


Fig. 13a – Le tre proiezioni di un punto su tre piani tra loro ortogonali

**Per ottenere la terza proiezione  $P_3$**  (figura 13b), avendo la prima  $P_1$  sul p.o. e la seconda  $P_2$  sul p.v., basta perciò far passare per la seconda proiezione  $P_2$  una parallela alla linea di terra che intersechi, nel punto B, la **retta l.v.**, (detta **linea verticale**, che è *l'unione di due semirette d'intersezione*, una tra p.v. e p.l. , l'altra tra p.o. e p.l.). Poi si fa passare per la prima proiezione  $P_1$  una parallela alla linea di terra, fino ad incontrare in E la linea verticale l.v. Quindi, con centro in O e raggio OE, si traccia un arco ED, fino a trovare in D l'intersezione con la linea di terra ; per D si alza una perpendicolare alla linea di terra, determinando, nella sua intersezione con la parallela tracciata per  $P_2$  , la terza proiezione  $P_3$  , posta sul p.l.

**Nota .** I punti E e D possono essere uniti anche con una linea inclinata di  $45^\circ$  rispetto alla linea di terra (corda sottesa all'arco precedente).



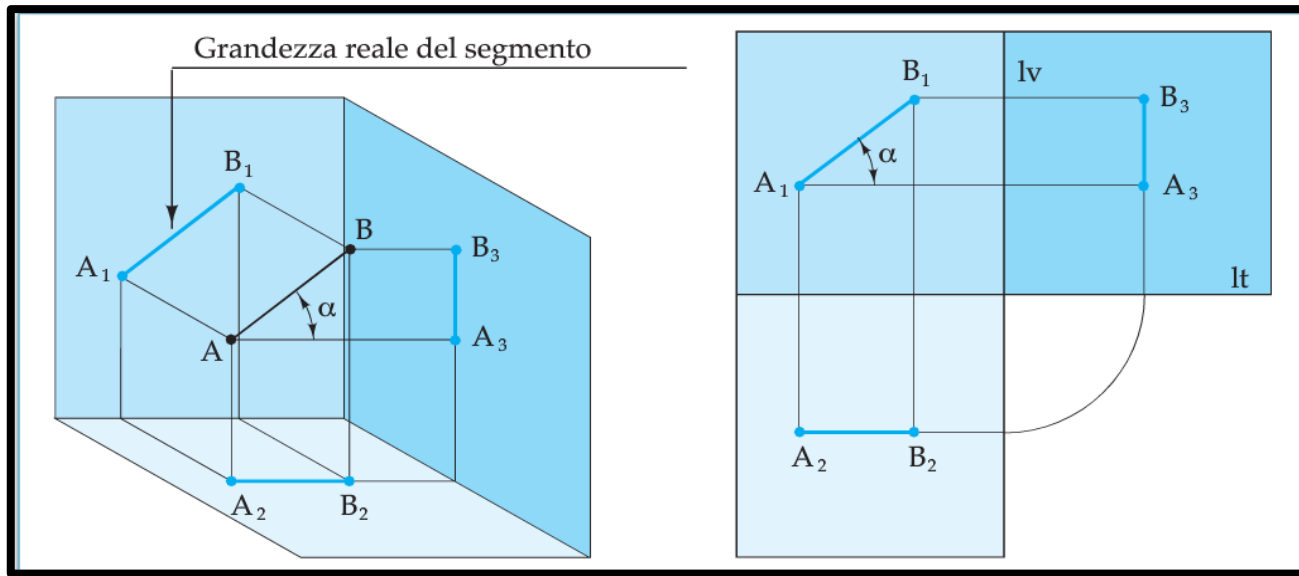
*Fig. 13b – Fasi per disegnare le proiezioni di un punto  $P$  nello spazio*

# Osservazioni sulla terminologia

- La dicitura “piano verticale” (p.v.) , se non viene ulteriormente specificata con altre indicazioni, individua sempre e soltanto il **piano principale** su quale si forma la *proiezione di prospetto*.
- Tuttavia ogni piano perpendicolare al piano orizzontale è sempre un piano geometricamente verticale (lo è anche il p.l. !).
- Quindi, un generico piano geometricamente verticale, che sia comunque orientato rispetto ai piani principali p.v. e p.l. verrà indicato nel seguito, per brevità, con il nome di *piano verticale inclinato*.
- In analogia alla definizione precedente, si chiamerà *piano frontale inclinato* un piano ortogonale al p.v. e comunque orientato rispetto ai piani principali p.o. e p.l..
- Queste ultime due definizioni sono impiegate per rendere più sintetico il linguaggio di questi appunti, ma non sono definizioni riconosciute dalla normativa.

## B - Proiezioni di un segmento

La proiezione di un segmento  $AB$  è ottenuta riprendendo la costruzione precedente e riferendosi ai punti  $A$  e  $B$  estremi del segmento. Unendo tra loro le proiezioni dei punti  $A_1$  e  $B_1$ ,  $A_2$  e  $B_2$ ,  $A_3$  e  $B_3$ , rispettivamente sui piani verticale, orizzontale e laterale, si otterranno le proiezioni del segmento su tali piani.



*Fig. 14 – Le tre proiezioni di un segmento inclinato rispetto al piano orizzontale e parallelo al piano verticale*

La figura 14 illustra il caso di un segmento  **$AB$  parallelo al piano verticale** e inclinato sia rispetto al piano orizzontale, sia rispetto a quello laterale.

Si noti che in questo caso la sua proiezione sul piano verticale (e solo su questo piano) corrisponde alla reale dimensione del segmento.



**In generale, quando un segmento è parallelo ad uno qualunque dei tre piani principali, la sua proiezione su tale piano ha la stessa lunghezza del segmento.**

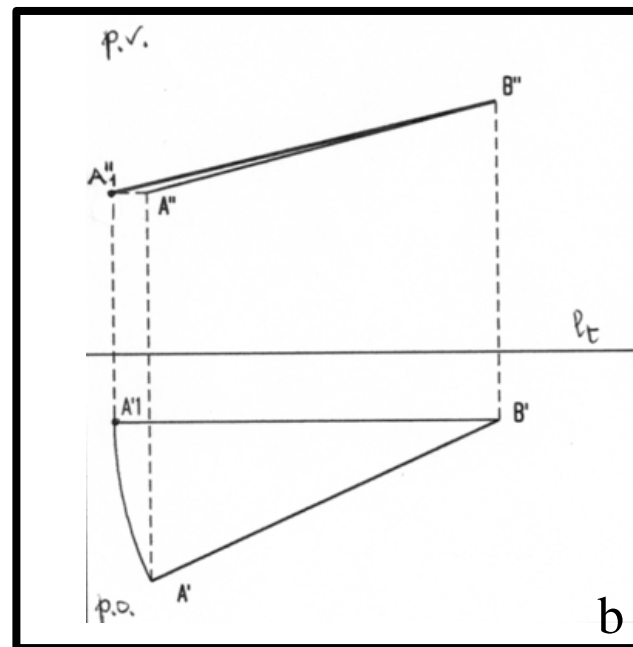
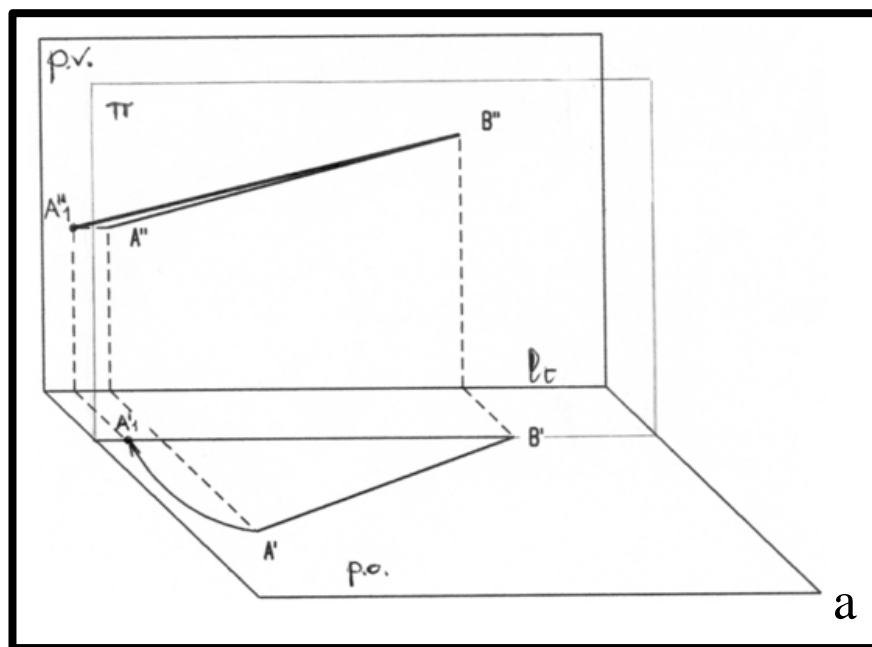
Se, invece, nella rappresentazione in proiezioni ortogonali dei segmenti (ma, come si vedrà, anche delle figure piane), l'elemento rappresentato non si trova in un piano parallelo a uno dei piani principali, la sua proiezione su ogni piano principale risulta **di scorcio**, e quindi le sue dimensioni (se si tratta di un segmento) ed anche la sua forma (se si tratta di una figura piana) rappresentate in ognuna delle tre proiezioni, non sono quelle reali.

La determinazione delle vere dimensioni dell'elemento rappresentato si può effettuare **ribaltando** l'elemento su un piano parallelo ad uno dei piani principali: la forma e le dimensioni dell'**elemento ribaltato** rappresenteranno la **vera forma e le vere dimensioni** cercate.

## *Vera dimensione di un segmento comunque orientato*

Se un segmento AB (non rappresentato nella Figura 15, ma identificato dalle due sole proiezioni  $A'B'$  sul p.o. e  $A''B''$  sul p.v.) risulta orientato in modo qualsiasi (cioè non è parallelo ad alcuno dei piani principali), allora nessuna delle sue tre proiezioni corrisponde alla vera lunghezza del segmento AB.

Questa si può determinare ribaltando dapprima la proiezione  $A'B'$  sul **piano  $\pi$ , parallelo al p.v. e passante per  $B'$**  (figura 15a), ovvero ruotando il segmento  $A'B'$ , (fatto perno sul punto  $B'$ ), sulla parallela alla l.t. passante per  $B'$  (figura 15b).



*Fig. 15 – Determinazione della vera lunghezza di un segmento comunque orientato*

Si ottiene così il punto  $A'_1$ , che rappresenta la proiezione sul p.o. del primo punto del segmento AB ruotato sul piano  $\pi$  e quindi si traccia il segmento  $A'_1B'$ , che rappresenta la proiezione sul p.o. del segmento AB ruotato sul piano  $\pi$ .

Portando quindi (figura 15b) la perpendicolare da  $A'_1$  alla l.t. fino ad incontrare la parallela alla l.t. passante per  $A''$ , si determina il punto  $A''_1$ , che rappresenta la proiezione sul p.v. del primo punto del segmento AB ruotato sul piano  $\pi$ .

Pertanto il segmento  $A''_1B''$ , che rappresenta la proiezione sul p.v. del segmento AB ruotato sul piano  $\pi$ , definisce la vera lunghezza del segmento AB.

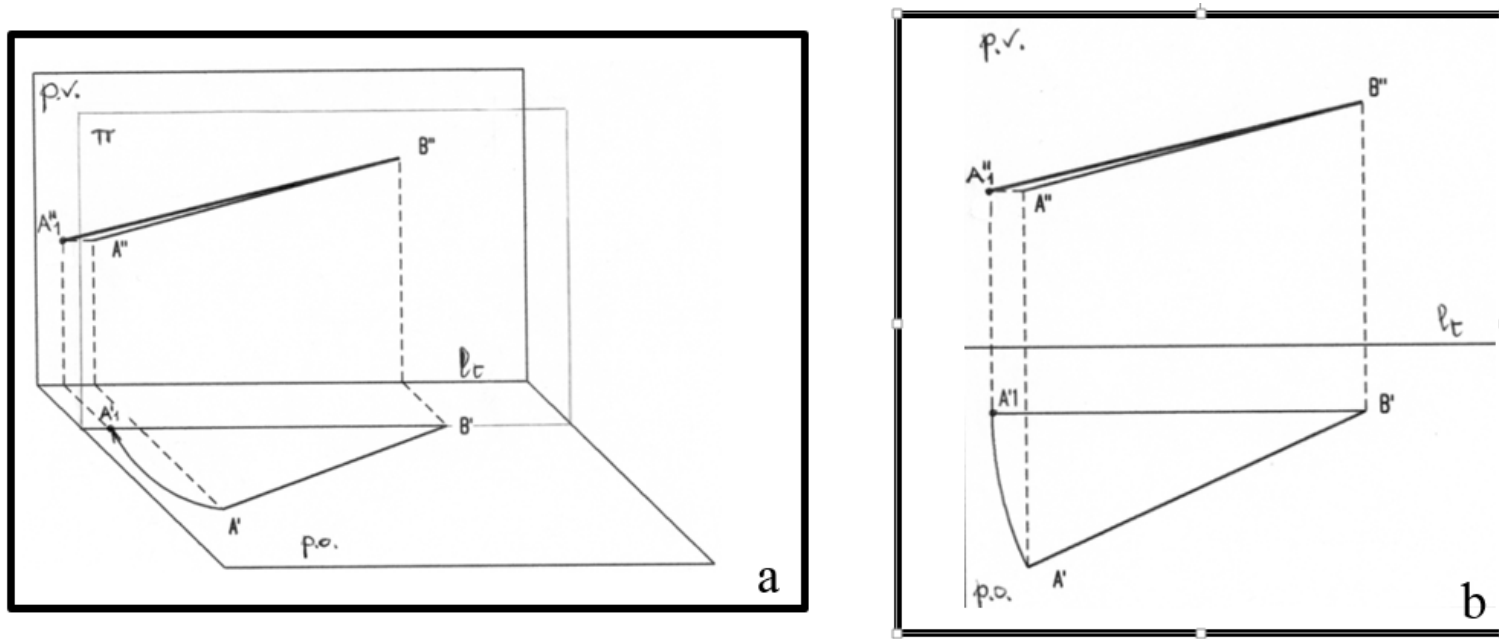
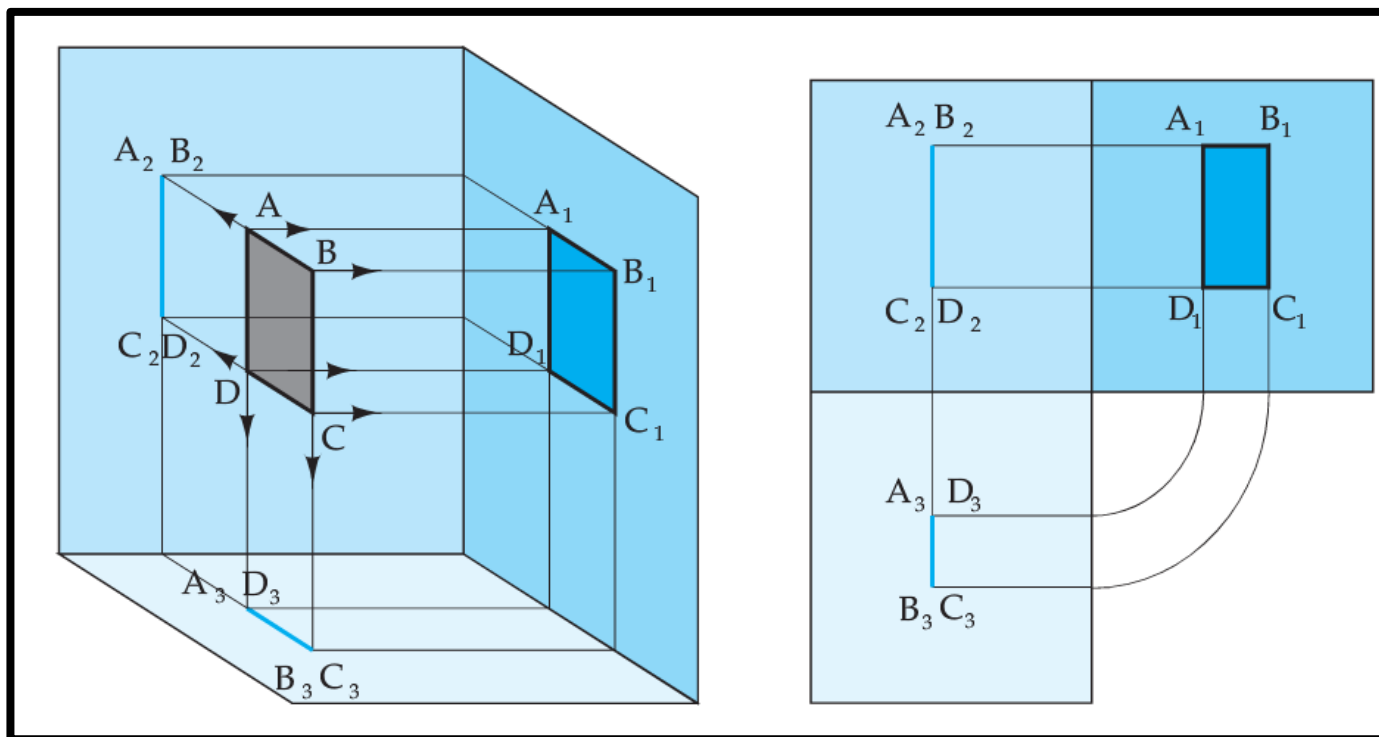


Fig. 15 rip.

## C - Proiezioni di figure piane

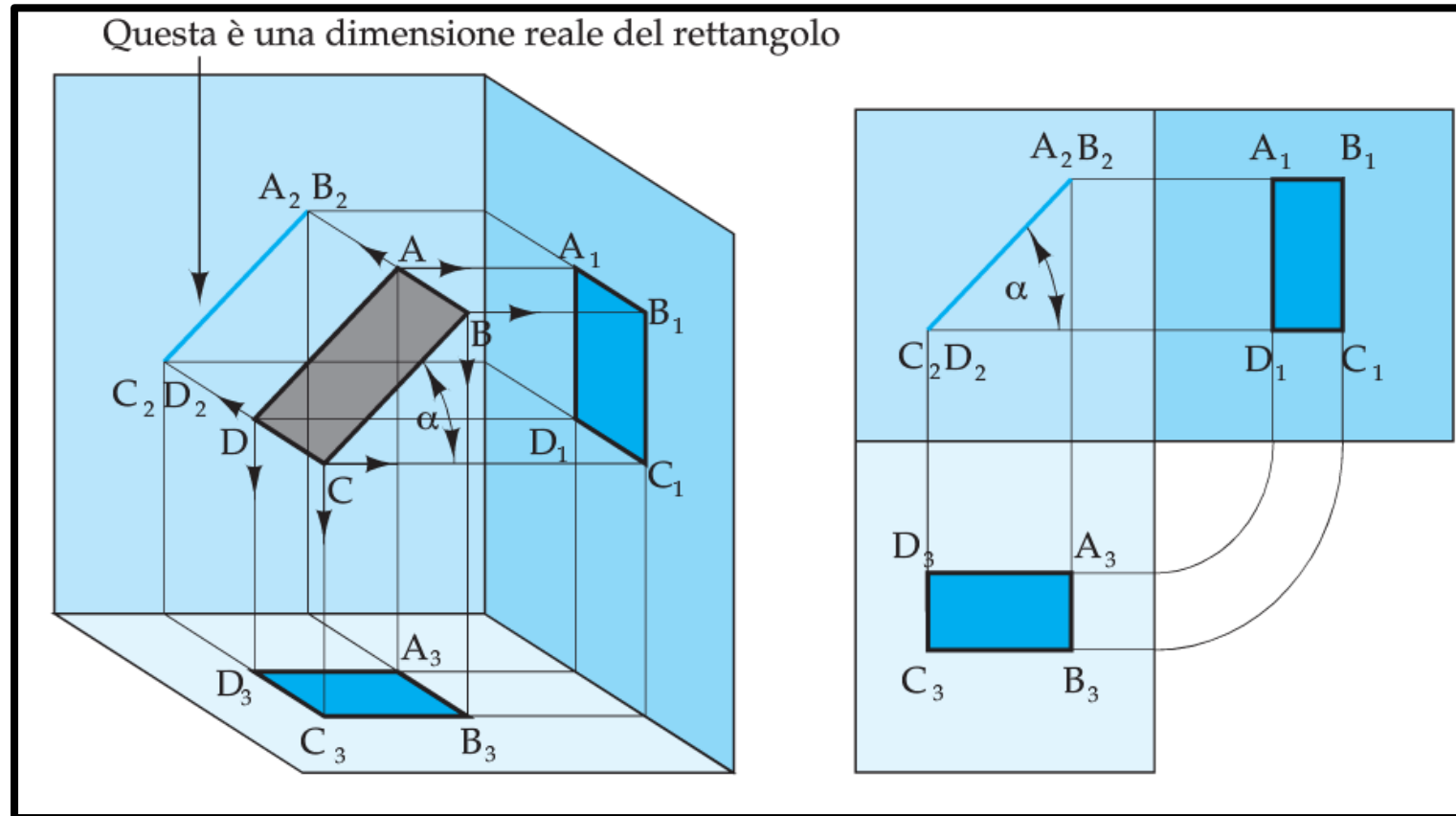
La proiezione di un poligono viene costruita mediante i vari punti proiezione dei vertici del poligono.

Nel caso di un **rettangolo parallelo, ad esempio, al piano laterale** (figura 16), si ottiene la figura in grandezza reale solo su questo piano.



*Fig. 16 – Le tre proiezioni di un rettangolo parallelo al piano laterale*

Nel caso in cui il **rettangolo** si trovi su un piano *frontale inclinato* e quindi **sia ortogonale al piano verticale** ma **inclinato rispetto ai piani orizzontale e laterale** (figura 17), nessuna delle tre proiezioni riproduce la vera forma della figura.

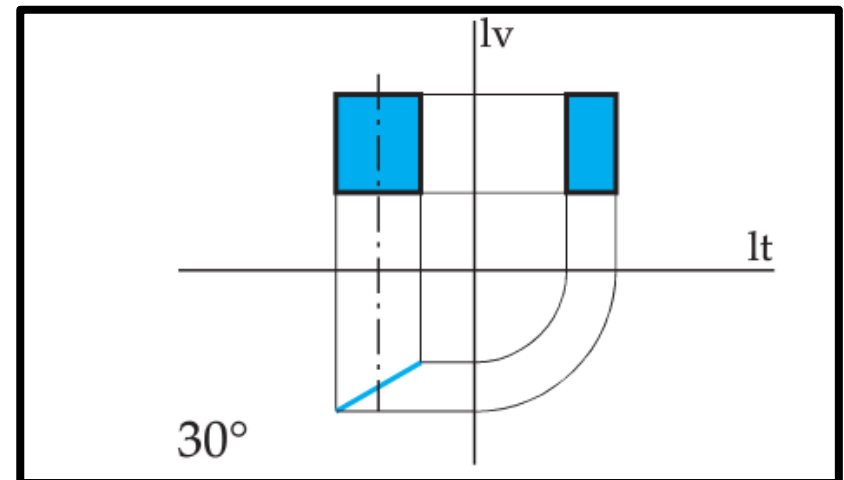
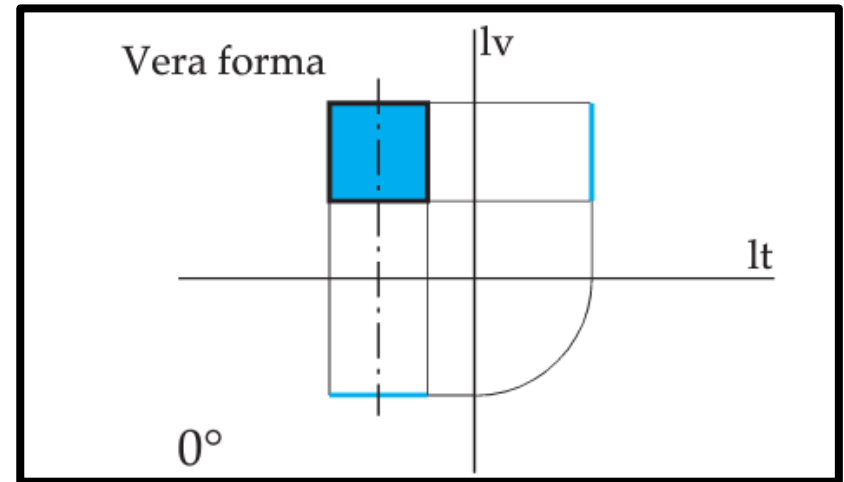


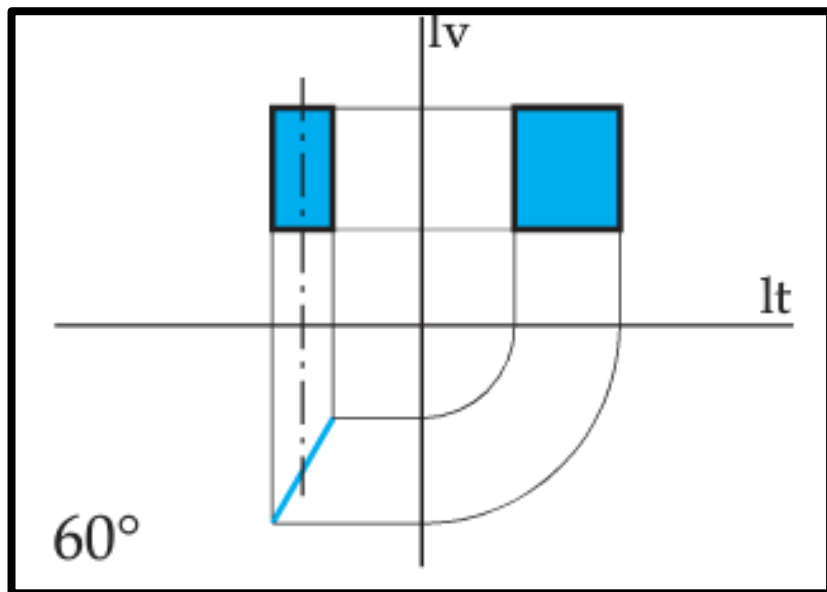
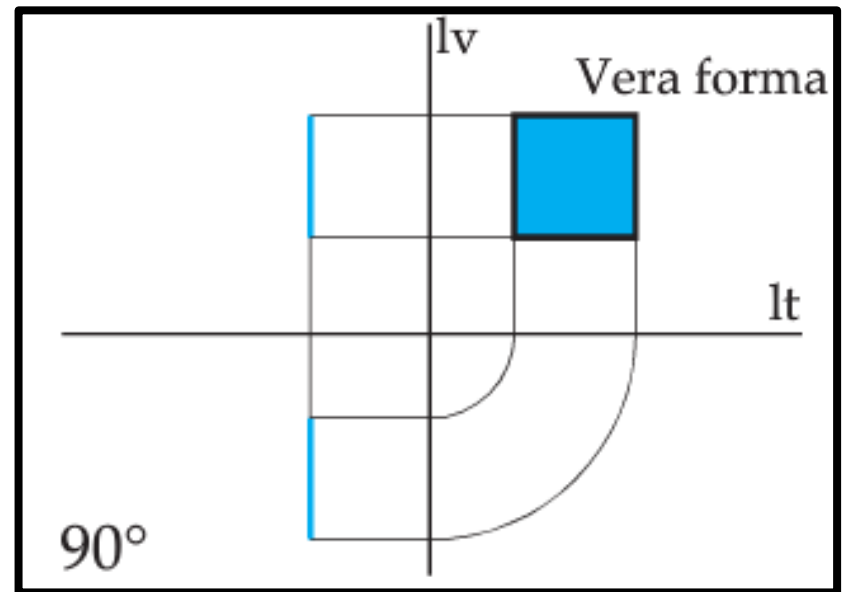
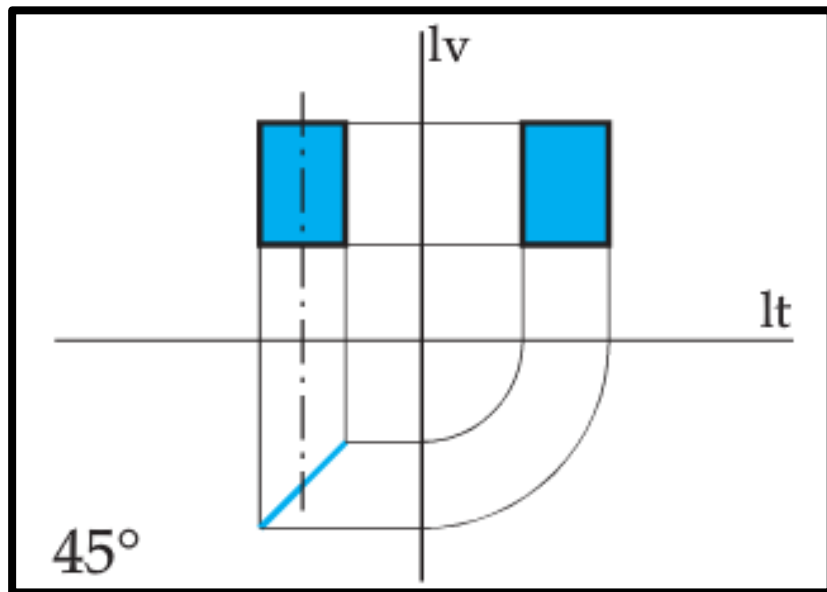
*Fig. 17 – Le tre proiezioni di un rettangolo inclinato rispetto al piano orizzontale e perpendicolare al piano verticale*

Quindi si può concludere che **una figura piana** appare nella sua vera forma, in una sola proiezione, soltanto se è parallela al piano di proiezione. In tutti gli altri casi, si presenta perciò il problema di effettuare la determinazione della vera forma e grandezza di una figura piana.

La figura 18 mostra, per esempio, le variazioni che subiscono le proiezioni di una figura piana quando il piano della figura (inizialmente parallelo al p.v.), ruota gradatamente rispetto ai piani di proiezione (rimanendo però sempre un piano verticale inclinato).

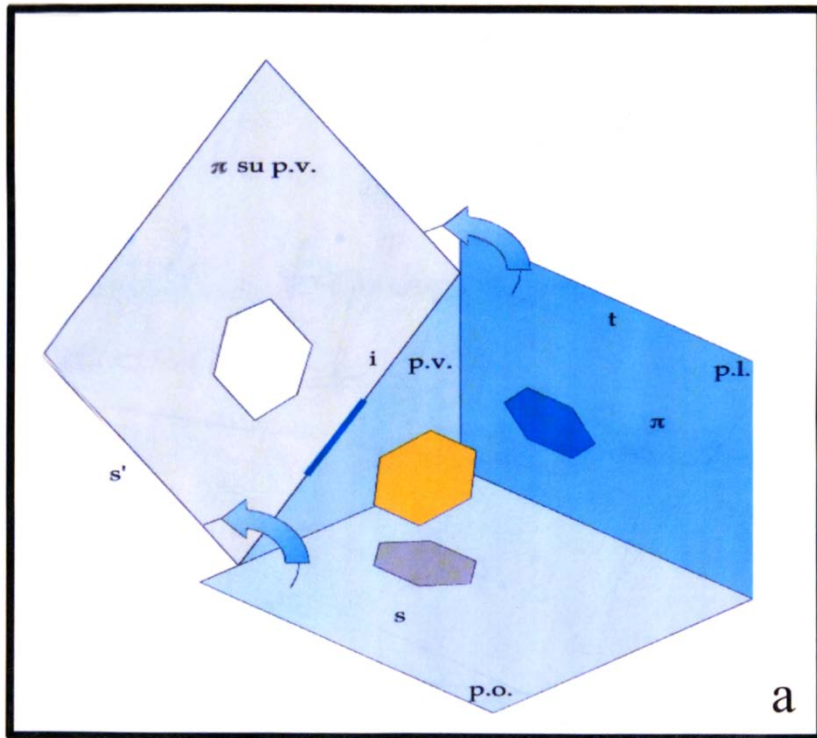
*Fig. 18 (prima parte) – Variazione della proiezione di una figura piana facendo variare l'inclinazione del suo piano rispetto a quello verticale e laterale, rimanendo perpendicolare a quello orizzontale*





*Fig. 18 (seconda parte)*

Da quanto visto si deduce una **regola fondamentale**, cioè nelle proiezioni ortogonali la scelta delle posizioni degli oggetti rispetto ai piani principali non è libera, ma deve permettere di **rappresentare i principali elementi in vera forma e grandezza, e quindi questi devono risultare paralleli a uno o più piani di proiezione**. Non sempre tuttavia ciò è possibile e si ricorre perciò, per ottenere la vera forma, ad **ulteriori viste**. Si consideri l'esagono di figura 19a, posto sul piano frontale inclinato



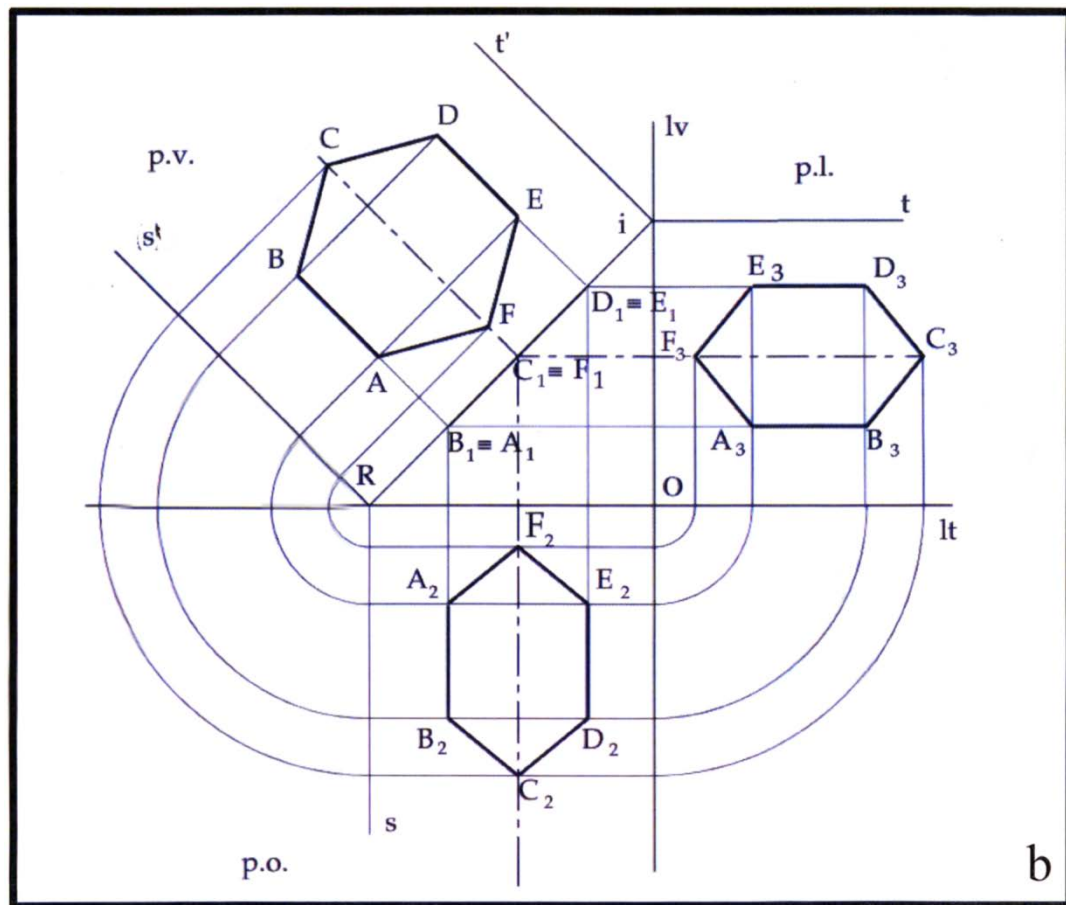
$\pi$  ( piano normale al piano verticale, che interseca il piano laterale secondo la linea  $t$  ed il piano orizzontale secondo la linea  $s$  ). La vera forma e le vere dimensioni dell'esagono si possono ottenere eseguendo un “ribaltamento” sul p.v. del piano  $\pi$  contenente la figura e “ricostruendo” su tale piano ribaltato la vera forma e le vere dimensioni dell'esagono, *a partire dalle sue proiezioni ortografiche sui piani principali*.

*Fig. 19a – Esagono posto su un piano perpendicolare al piano verticale ed inclinato di un certo angolo rispetto al piano orizzontale*



**La costruzione è la seguente (figura 19b):**

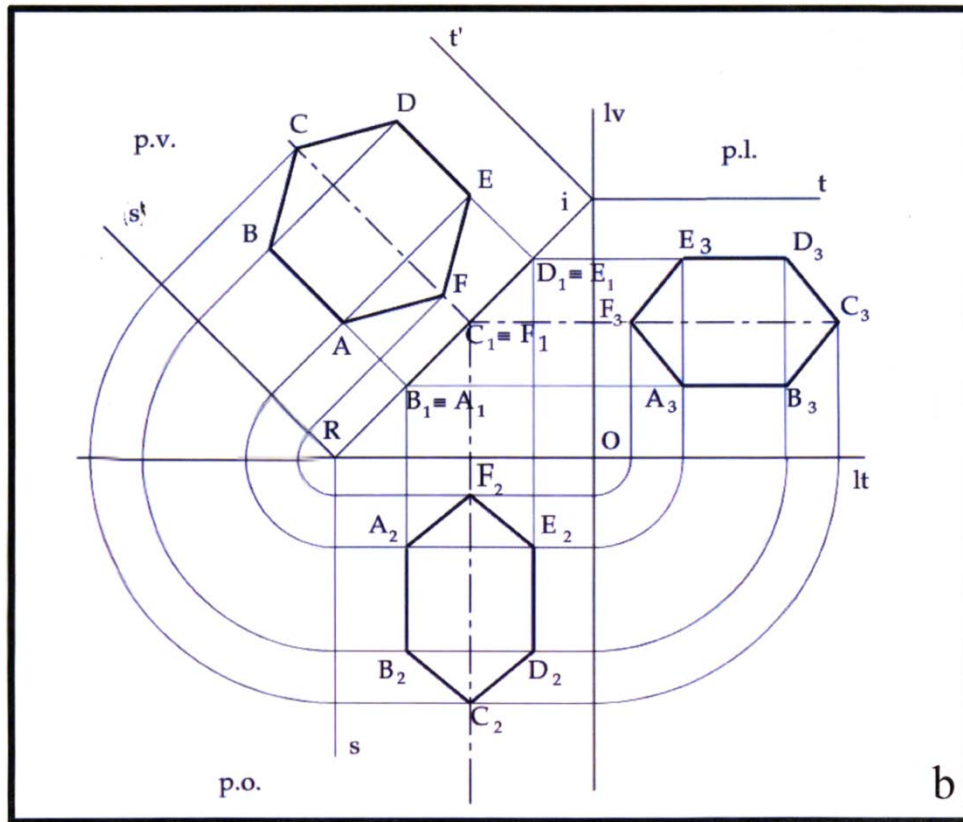
date le proiezioni dell'esagono sui tre piani principali, si opera un ribaltamento sul piano verticale del piano  $\pi$  (sul quale giace l'esagono), facendolo ruotare intorno alla



retta  $i$  (che è l'intersezione del piano  $\pi$  con il p.v.), la quale incontra in  $R$  la l.t.

Dal punto  $R$  così determinato si tirano le due semirette  $s$  (che rappresenta la traccia sul p.o. del piano  $\pi$ ) ed  $s'$ , rispettivamente perpendicolari alla l.t. ed alla retta  $i$ . Poi dalle proiezioni  $A_2$ ,  $B_2$ , ecc. dei vertici dell'esagono sul piano orizzontale si portano le parallele alla l.t. fino ad incontrare la semiretta  $s$ ...

*Fig. 19b – Determinazione della vera forma e delle vere dimensioni di un esagono posto su un piano perpendicolare al p.v. e inclinato rispetto al p.o. e al p.l.*

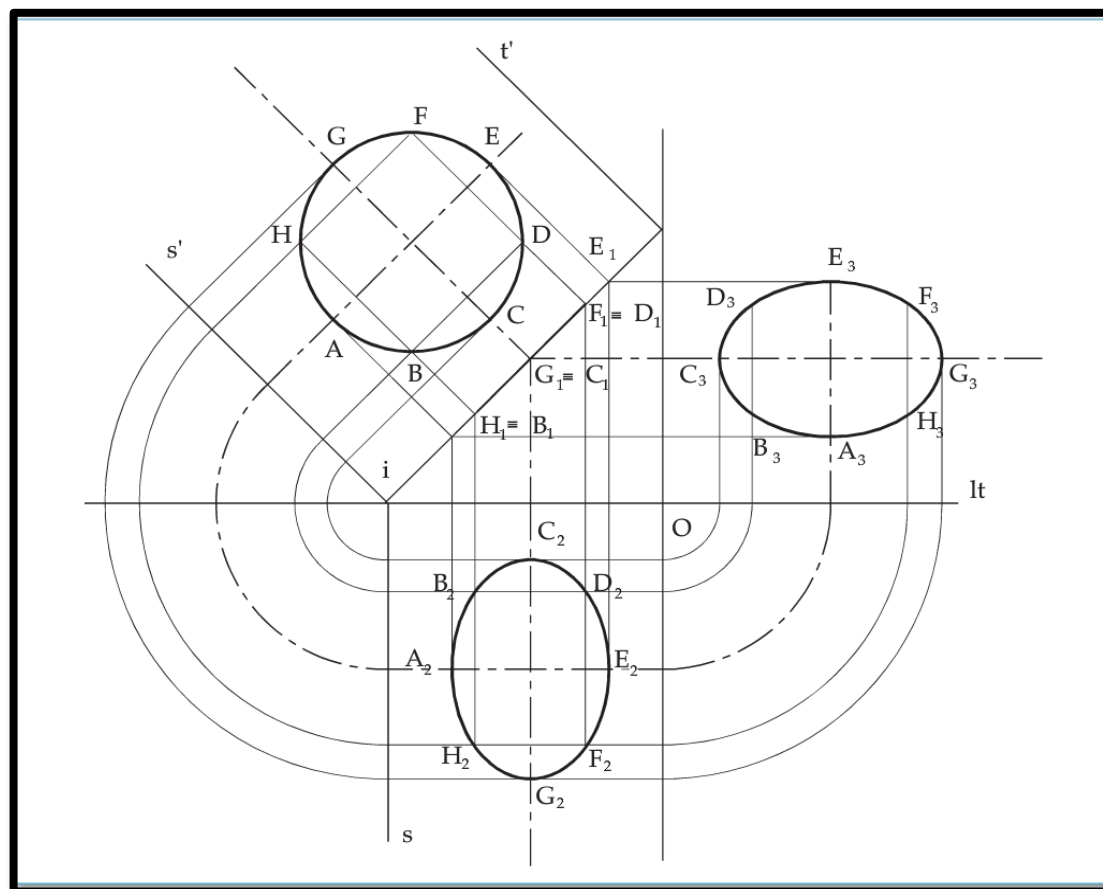


*Fig. 19b rip.*

**Nota.** Questa costruzione ha richiesto la determinazione delle posizioni di soli sei punti (i sei vertici dell'esagono) perché la figura piana da ricostruire ha come contorno una linea chiusa poligonale e quindi risulta composta da una catena di **segmenti rettilinei** che rimangono tali in ogni possibile proiezione. Se la figura avesse avuto un contorno curvilineo, la costruzione **esatta** della vera forma avrebbe richiesto la determinazione della posizione di un **numero infinito** di punti appartenenti alla linea curva.

e dai punti d'incontro, fatto centro in R, si tracciano archi di circonferenza fino ad incontrare la semiretta  $s'$ . Infine, dai punti d'incontro con la semiretta  $s'$  si portano le parallele alla retta  $i$  fino ad incontrare le perpendicolari alla retta  $i$  tracciate a partire dalle proiezioni sul p.v. dei vertici dell'esagono corrispondenti alle proiezioni sul p.o., determinando in questo modo le posizioni dei vertici dell'esagono disegnato sul piano  $\pi$  ribaltato sul p.v. e, quindi, la vera forma e le vere dimensioni dell'esagono.

La figura 20 riporta la ricostruzione della vera forma e delle vere dimensioni di un cerchio giacente su un piano perpendicolare al p.v. e inclinato rispetto al p.o. e al p.l. (eseguendo una costruzione “*approssimata*” basata su soli 8 punti A-H).



*Fig. 20 – Determinazione della vera forma e delle vere dimensioni di un cerchio posto su un piano perpendicolare al p.v. e inclinato rispetto al p.o. e al p.l.*

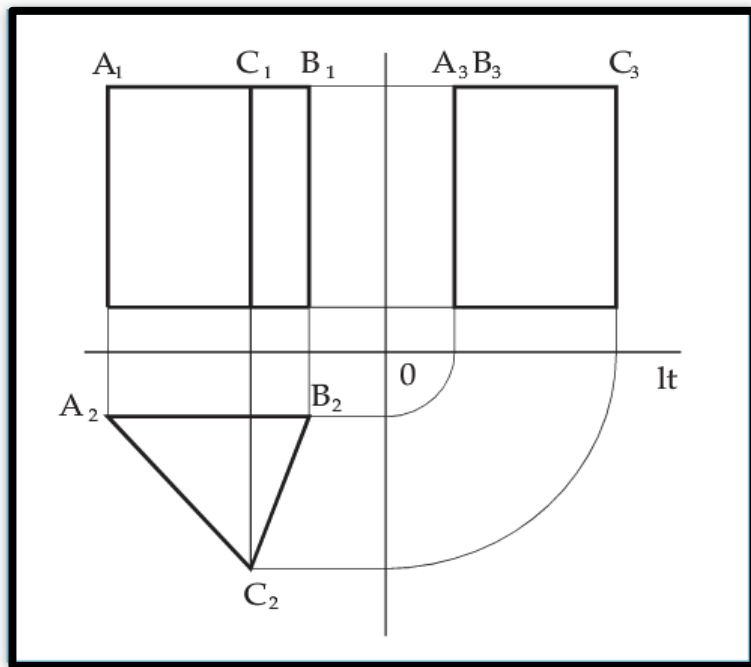
# Osservazioni

- Nell'esempio precedente, sapendo a priori che la figura di cui sono date le proiezioni è un cerchio, la ricerca della vera forma e le vere dimensioni si tramuta nella banale determinazione della vera lunghezza del diametro, che deve essere lungo quanto i segmenti  $G_2C_2$  e  $G_3C_3$  (la costruzione che è stata eseguita serve solo per trovare la **vera posizione** del cerchio disposto sul piano frontale inclinato p).
- Anche il **problema inverso** (determinazione delle due proiezioni, nota la vera forma della figura posta sul piano p) è di facile soluzione, in quanto le regole della Geometria impongono che la proiezione di un cerchio su un piano comunque orientato abbia sempre la forma di un'ellisse.
- Se si esegue il disegno con l'impiego di un CAD, si può posizionare la **“primitiva” ellisse** nella corretta posizione e con le corrette dimensioni, conoscendo solo la posizione dei suoi due diametri principali.
- La costruzione approssimata di figure più complesse con l'impiego di un CAD si basa sull'impiego di un numero grande, ma finito, di punti discreti appartenenti al contorno, che vengono uniti con linee curve descritte da leggi matematiche di tipo polinomiale (curve B-spline)

## D - Proiezioni di solidi

E' immediato estendere alla proiezione di un oggetto **solido poliedrico** quanto visto riguardo la proiezione di un punto, di un segmento e di una figura piana, e quindi è possibile ottenere le proiezioni ortogonali di un qualsiasi oggetto riconducibile a tale tipo di forma : **è sufficiente proiettare i vertici, o i contorni del pezzo, e quindi unire opportunamente le proiezioni ottenute.**

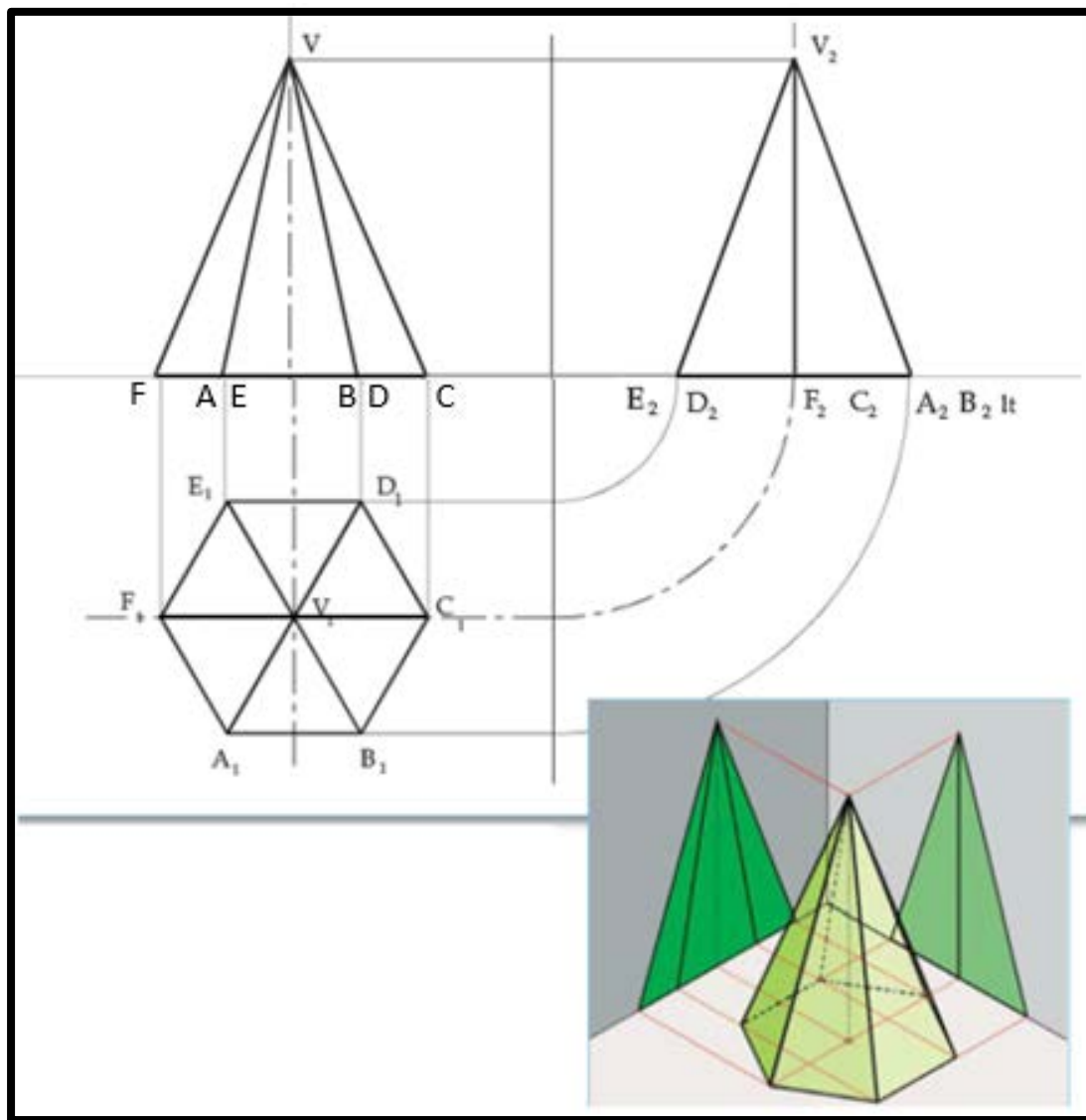
In questo caso è **fondamentale segnare tutte le linee in vista**, cioè quelle linee che rappresentano la proiezione di linee di contorno esterno del pezzo, le proiezioni di



spigoli (intersezioni di superficie piane o di superficie non piane) e che sono **visibili da chi osservi il pezzo dopo averlo orientato rispetto ai piani di proiezione secondo i criteri già esposti.**

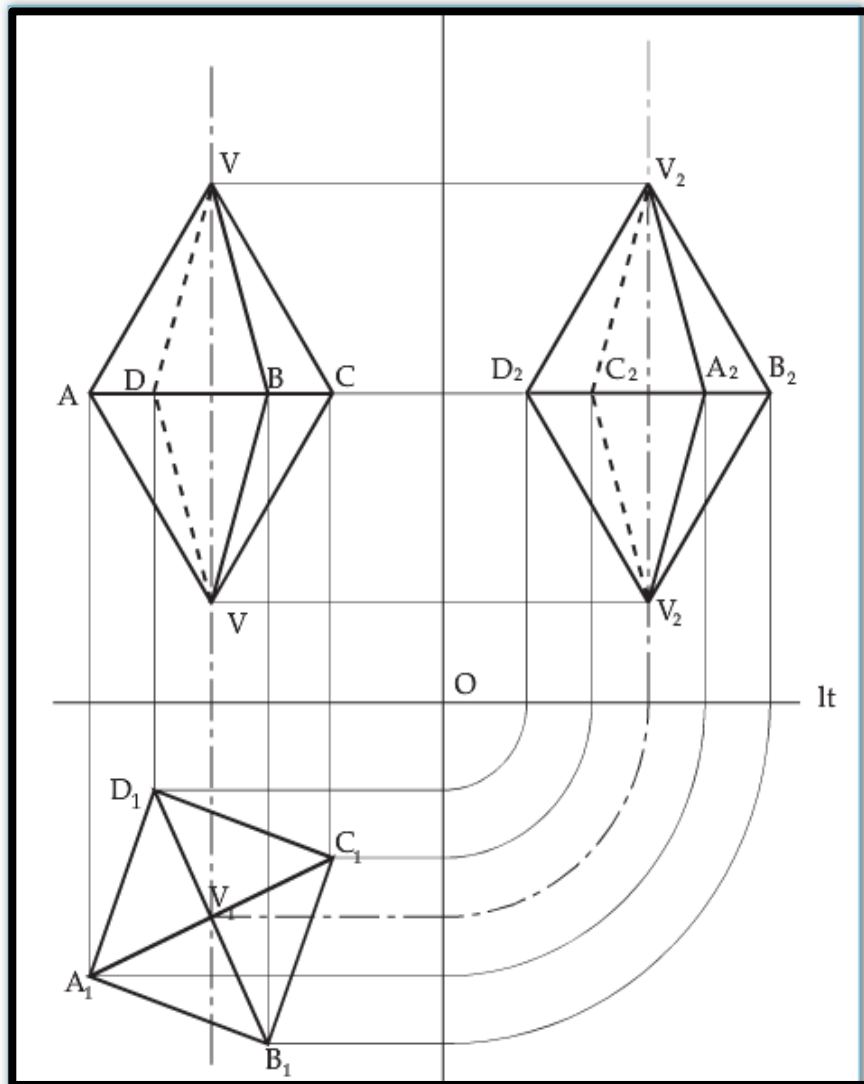
Nella figura 21 è rappresentato un **prisma retto a base triangolare ...**

*Fig. 21 – Proiezioni ortogonali di un prisma retto a base triangolare*



... e in figura 22 una **piramide a base esagonale**: in entrambi i casi compaiono nelle tre viste i **contorni in vista** degli oggetti.

*Fig. 22 – Proiezioni ortogonali di una piramide a base esagonale*



E' evidente che chi osservi un pezzo da una certa posizione, non è in grado di vedere **contorni o spigoli nascosti** al suo occhio, anche se si tratta di contorni e spigoli reali.

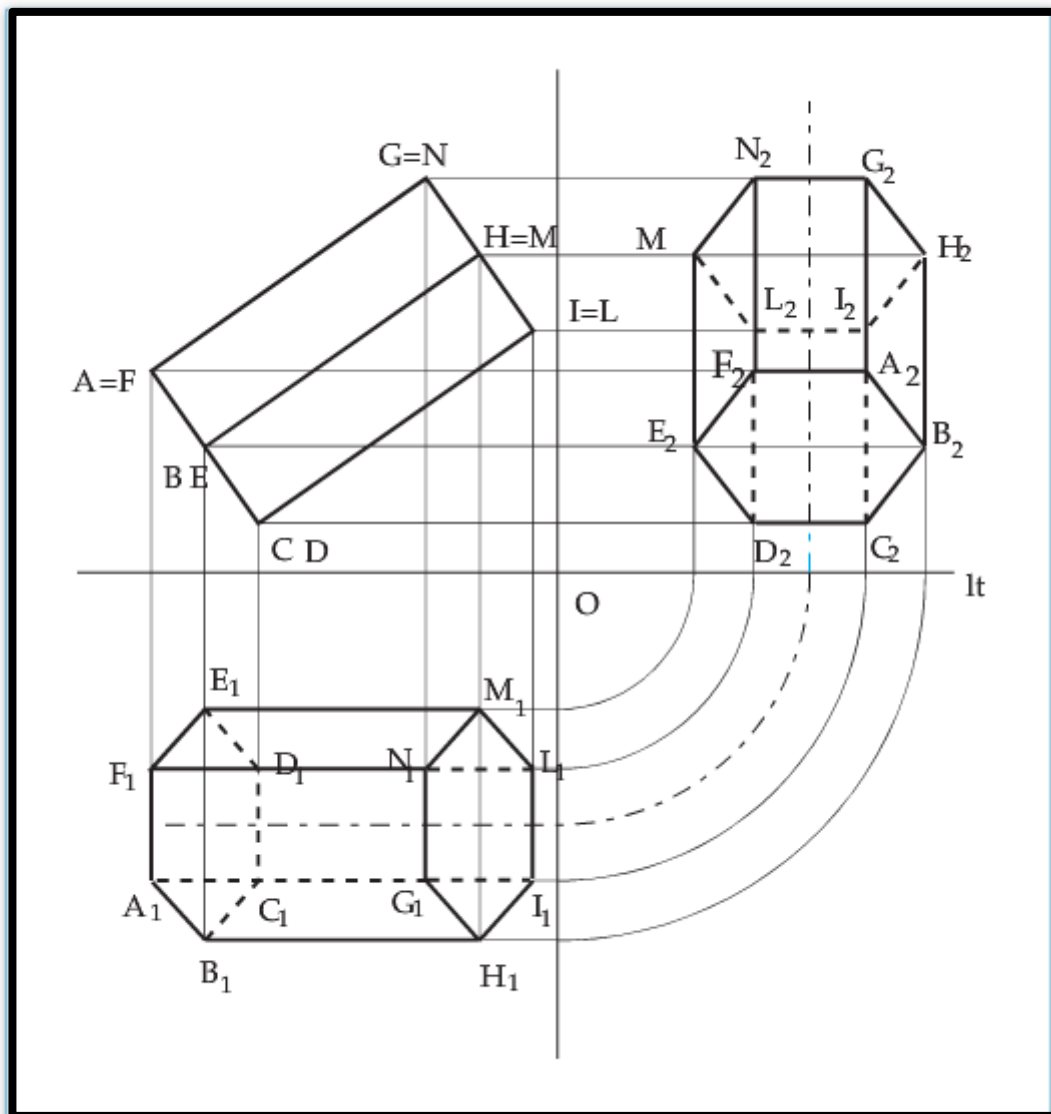
Per necessità di chiarezza nella descrizione della forma del pezzo, spesso si devono rappresentare anche questi contorni e spigoli non in vista; in tal caso, per distinguerli da quelli in vista, si rappresentano con **linee a tratti** mentre le linee in vista si rappresentano con linee continue grosse.

Nella figura 23 un **ottaedro** (somma di due piramidi) è collocato, rispetto ai piani principali di proiezione, in modo che alcuni spigoli non siano in vista e perciò sono rappresentati con linee a tratti.

*Fig. 23 – Proiezioni ortogonali di un ottaedro*



Situazione analoga nella figura 24, dove è rappresentato un **prisma esagonale retto**.



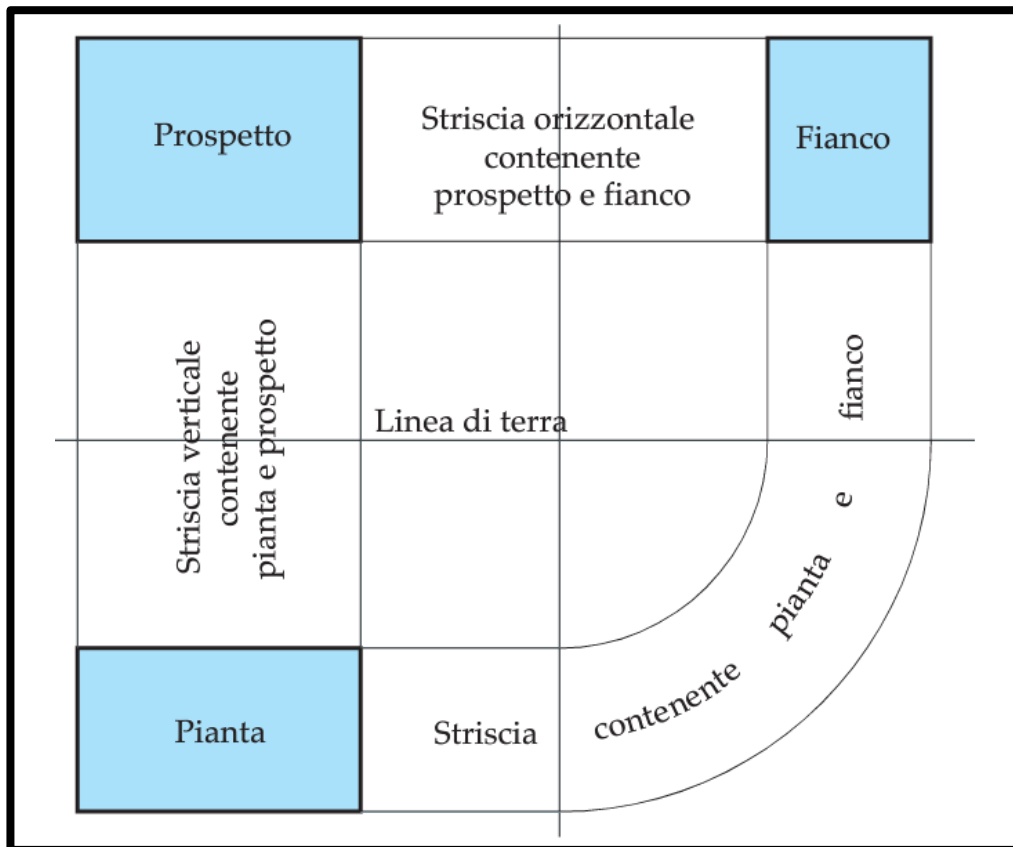
*Fig. 24 – Proiezioni ortogonali di un prisma esagonale retto, con l'asse parallelo al piano verticale e inclinato rispetto al piano orizzontale*



# Proiezione di “oggetti reali” (solidi tridimensionali)

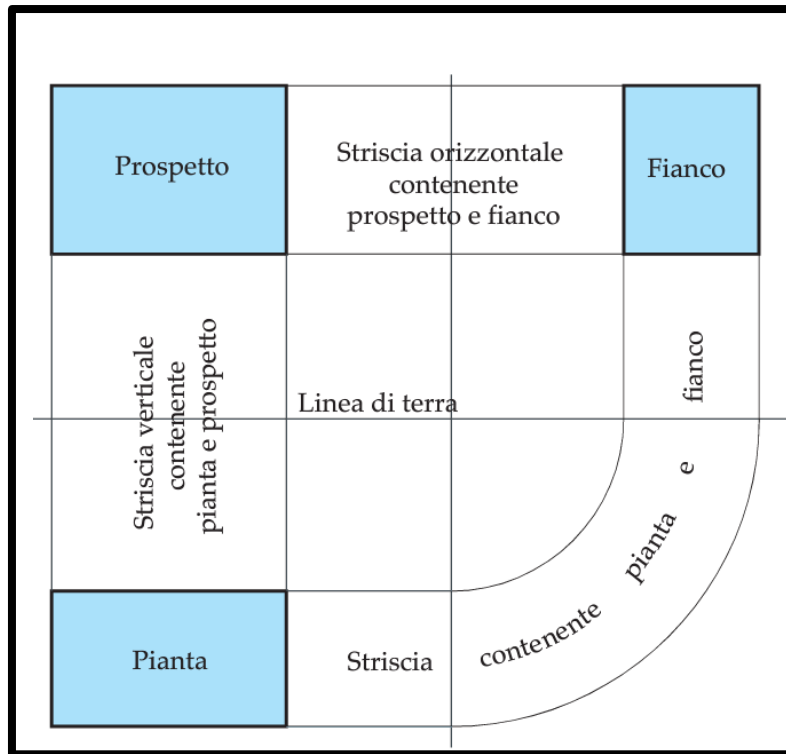
# Regole di proiezione

Le tre viste di un solido (in figura è considerato un semplice parallelepipedo) sono legate tra loro, sul piano del disegno, secondo le seguenti regole:



**1) Il prospetto e la pianta hanno la stessa lunghezza e sono poste nella stessa striscia perpendicolare alla linea di terra; i punti corrispondenti delle due proiezioni si trovano sulla stessa perpendicolare alla linea di terra (figura 25a).**

*Fig. 25a – Le regole da tenere presenti nelle tre proiezioni ortogonali di un solido (definite talora “trittico”)*



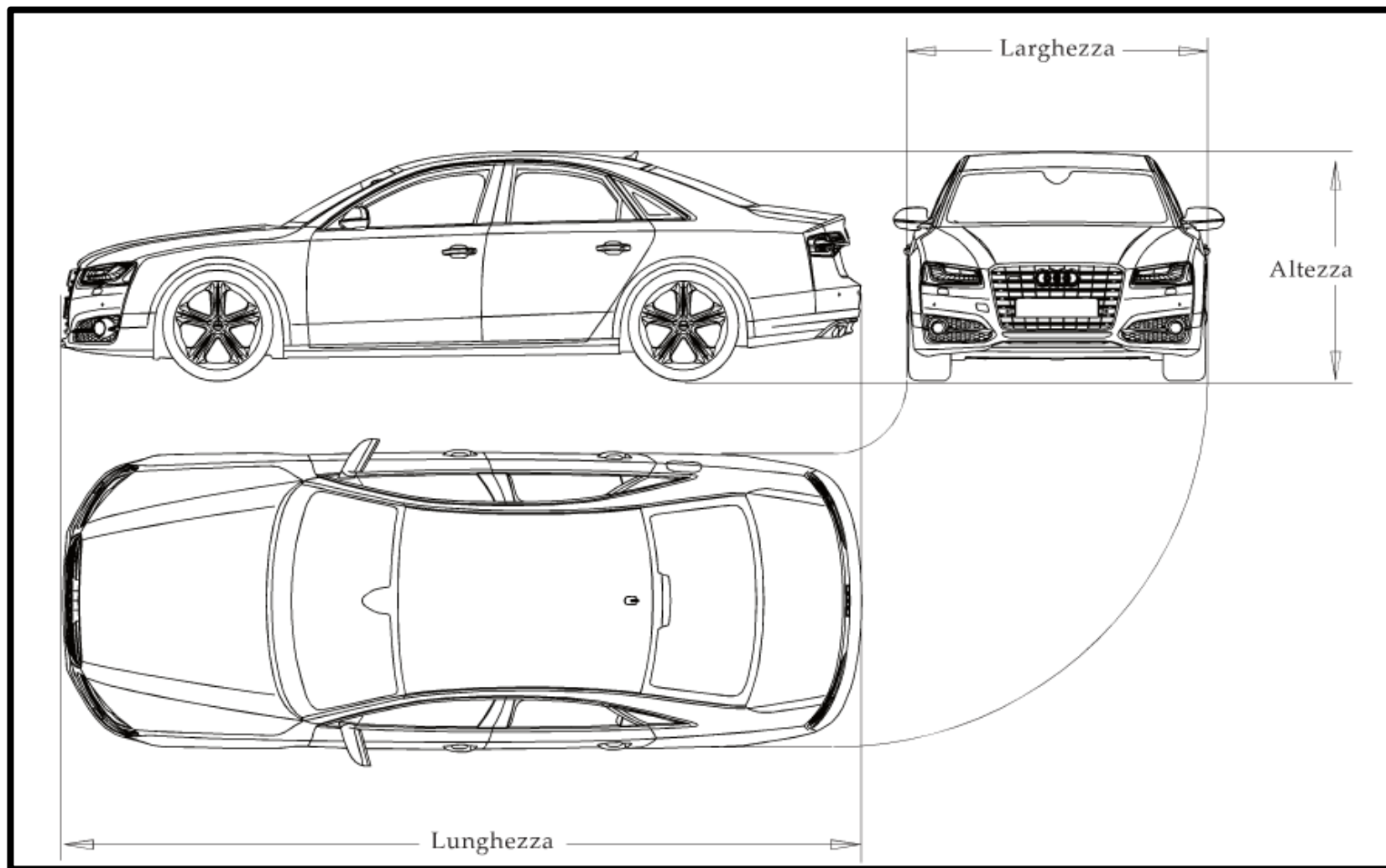
*Fig. 25a rip.*

2) La pianta ed il fianco o profilo hanno la stessa larghezza ed i punti corrispondenti si trovano nella posizione determinabile con la costruzione indicata in figura 13b: il trasporto dei punti corrispondenti da l.v. a l.t. avviene mediante archi di cerchio di centro O, oppure mediante le perpendicolari alla bisettrice dell'angolo tra l.v. e l.t.

3) Il prospetto ed il fianco o profilo hanno la stessa altezza, e sono posti nella stessa striscia parallela alla linea di terra; punti corrispondenti delle due proiezioni si trovano, sulla stessa parallela alla linea di terra.

Le regole precedenti hanno **valore assolutamente generale; un disegno nel quale esse non risultino rispettate non è un disegno corretto.**

**IMPORTANTE**



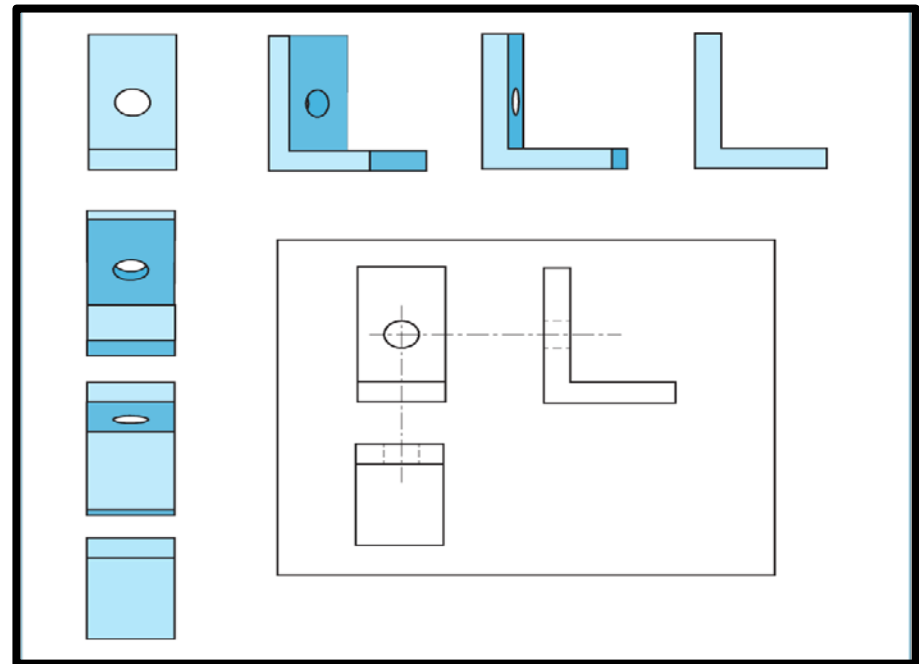
*Fig. 25b – Il “trittico” di una autovettura*

Poiché un oggetto tridimensionale può essere orientato in modo qualunque rispetto ai tre piani principali di proiezione, è evidente che le proiezioni ortogonali di un qualsiasi oggetto reale dipendano dall'orientamento rispetto ai piani di proiezione.

Per raggiungere lo scopo di una rappresentazione che sia in grado di fornire tutte le indicazioni sulla forma e sulle reali dimensioni dell'oggetto, **questo dovrebbe essere orientato in modo che il maggior numero possibile di superfici che lo delimitano appaiano proiettate in vera forma** (figura 26).

Se l'oggetto è prevalentemente delimitato da superfici piane, va orientato in modo da avere il maggior numero di superfici parallele ai piani di proiezione.

Di regola, poi, si orienta l'oggetto in modo che **il prospetto risulti il più rappresentativo possibile.**

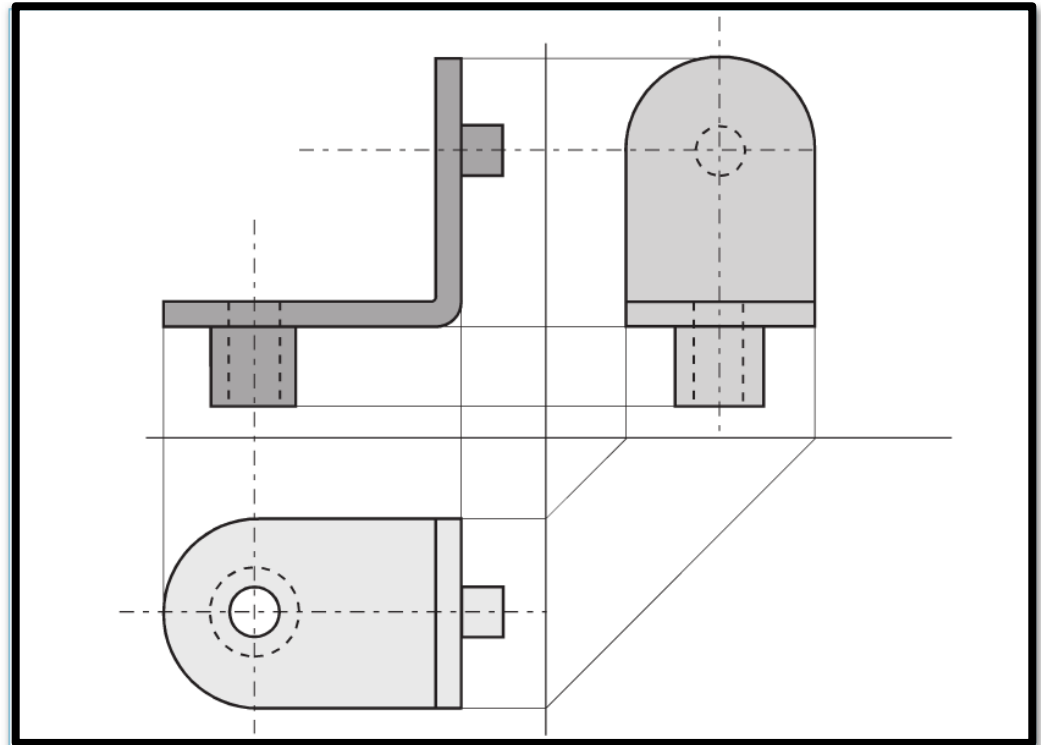


*Fig. 26 - Ottenimento delle tre viste di un pezzo*

# Scelta delle viste

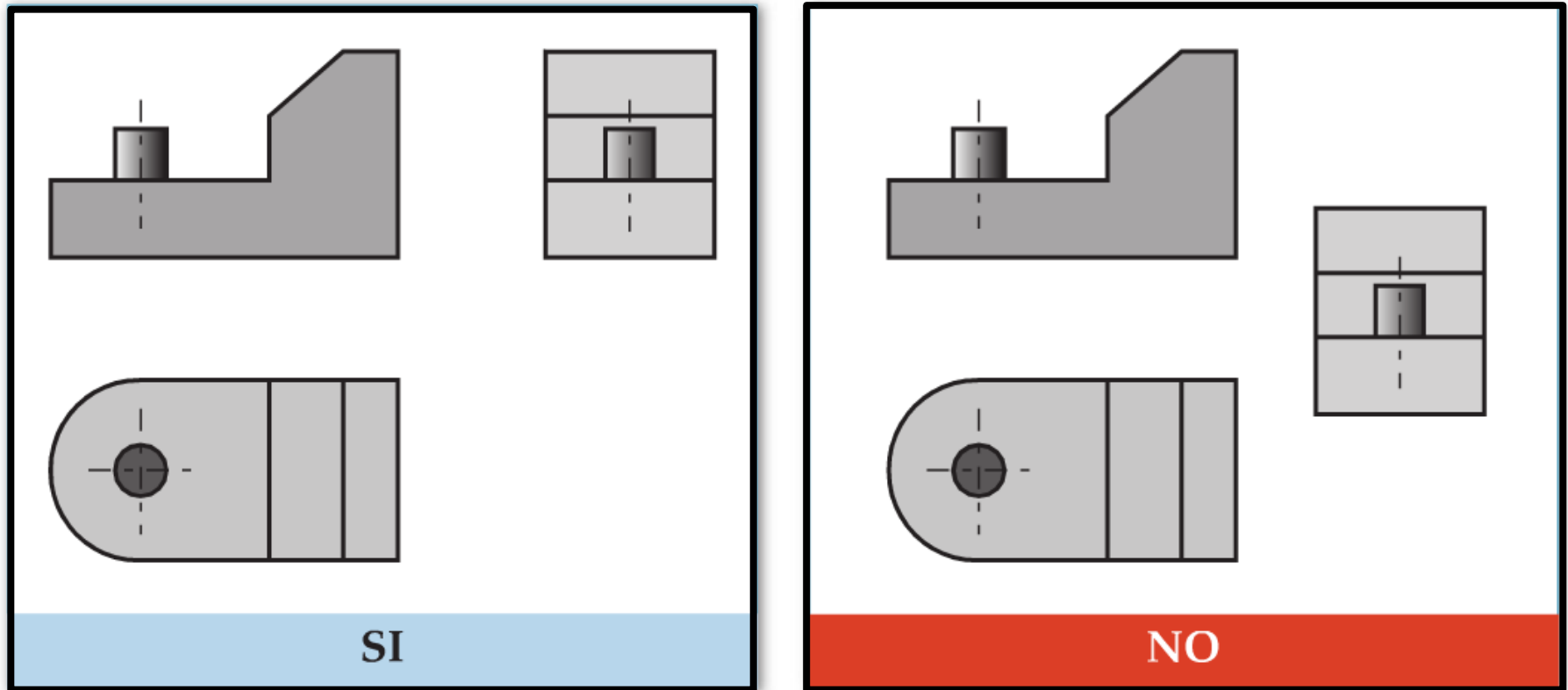
In linea generale, si può rappresentare un pezzo in modo esauriente ed univoco ricorrendo a **sole tre proiezioni (o viste), dette proiezioni principali** (figura 27) secondo quanto già esposto in precedenza, e cioè:

- a) vista anteriore o di fronte o vista principale o **prospetto**, ottenuta proiettando il pezzo sul piano principale verticale;
- b) vista dall'alto o da sopra o **pianta**, ottenuta proiettando il pezzo sul piano principale orizzontale;
- c) vista da sinistra o fianco o **profilo**, ottenuta proiettando il pezzo sul piano principale verticale posizionato a destra dell'osservatore.



*Fig. 27 – Le tre viste principali di un pezzo*

Qualunque sia il numero delle viste usate per la rappresentazione, ognuna di esse deve essere posizionata, rispetto alle altre, nella **esatta posizione** che le compete (figura 28).



*Fig. 28– Ogni vista deve essere posta nella posizione che le compete ( nella rappresentazione con il “no” il profilo è in posizione sbagliata)*

**Talvolta**, quando sul disegno vengono aggiunte delle indicazioni complementari che permettano di individuare completamente la forma dell'oggetto, **si può anche usare una sola vista**, come nel caso dei *pezzi assialsimmetrici* quali sono, ad esempio, gli alberi (pieni o cavi). Le indicazioni complementari riguardano l'impiego di particolari simboli e di particolari tipi di linea, come sarà ampiamente trattato nei capitoli successivi (quotature, ecc..)

Nel caso del pezzo in figura 29 è evidente che una sola vista non consentirebbe di identificare la simmetria di rivoluzione (o assialsimmetria) del pezzo : questa può comunque essere intuita dalla indicazione complementare di una linea *immaginaria* (in quanto non corrispondente né a contorni, né a spigoli del pezzo) quale è *l'asse di simmetria*, e dalla presenza del segno  $\emptyset$ , anteposto alla quota, che ne individua la circolarità.

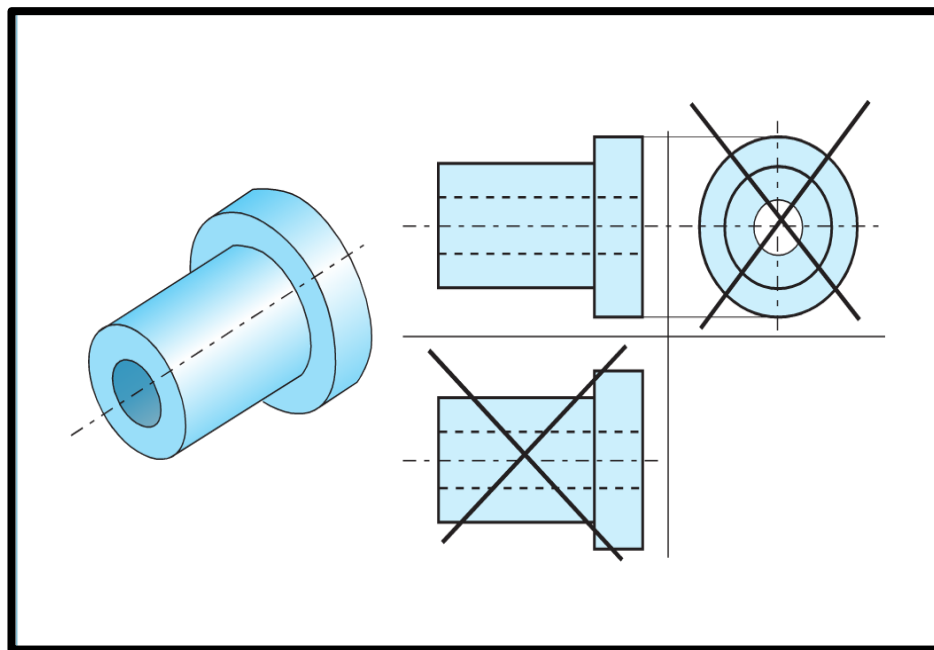
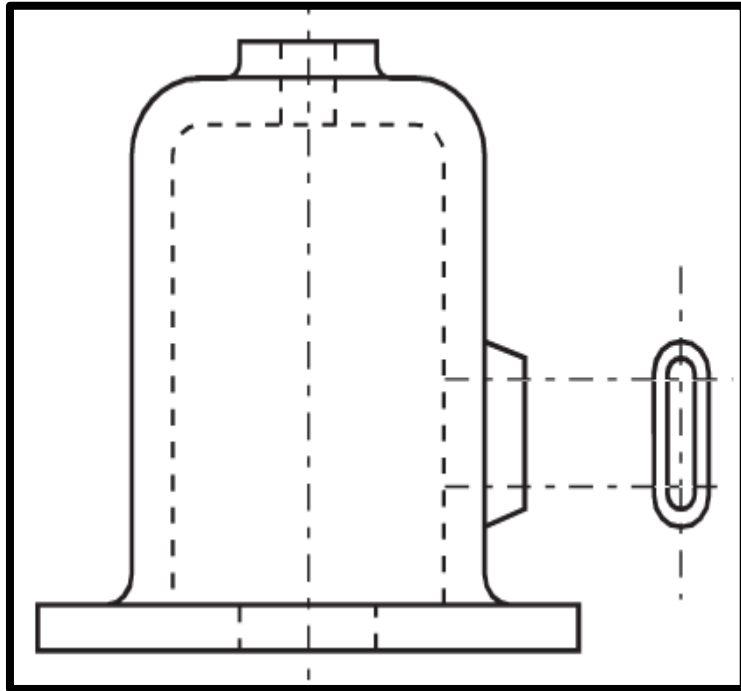


Fig. 29



# Viste locali

Se la rappresentazione non risulta ambigua, è ammesso, per mettere in evidenza elementi di un oggetto, sostituire la vista completa con la sola vista dell'elemento (vista locale). Tali viste locali devono essere disposte come illustrato nella figura 30 (trattate cioè come proiezioni secondo il metodo americano) disegnate con linea di contorno continua grossa (01.2) e riferite alla vista principale con la linea mista punto e tratto lungo fine (04.1).



*Fig. 30 – Vista “locale”*

In generale, quando oltre alla vista anteriore o prospetto sono necessarie ulteriori viste, queste devono essere eseguite tenendo conto dei criteri seguenti:

- 1) limitarne il numero al minimo sufficiente per definire l'oggetto senza ambiguità;
- 2) limitare al minimo indispensabile la rappresentazione di contorni e spigoli nascosti;
- 3) evitare la ripetizione non necessaria di particolari.

**IMPORTANTE**

# Layout delle viste

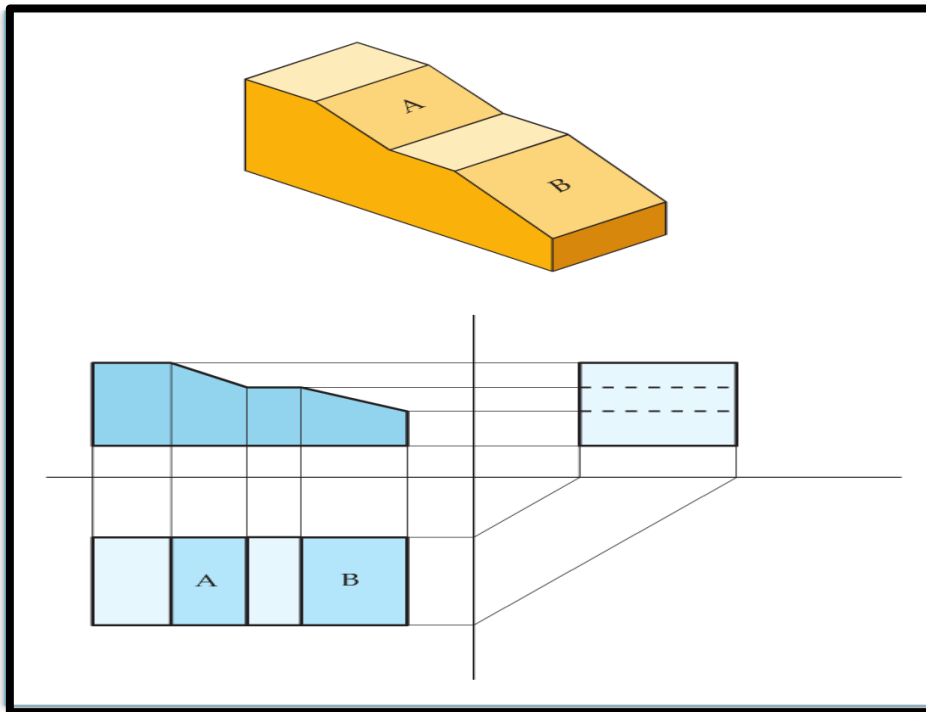
Per una buona lettura del disegno è importante che la disposizione **dell'insieme** delle diverse viste sia **perfettamente bilanciata in termini di spazio sul foglio da disegno**, a seconda che debbano essere rappresentate una, due o più proiezioni dell'oggetto.

In base alle dimensioni dell'oggetto da rappresentare, il disegnatore deve essere in grado di organizzare lo spazio sul foglio, scegliendo : **1) il numero delle viste, 2) la scala usata, 3) lo spazio tra le viste.**

Per tenere conto anche della presenza delle quotature, è importante spaziare adeguatamente le diverse proiezioni ed evitare di disegnare in prossimità del bordo del foglio da disegno. Una indicazione che viene suggerita è quella di **lasciare uno spazio compreso tra 30 mm e 60 mm tra una vista e l'altra.**

# Proiezione di oggetti con superfici inclinate od oblique e viste ausiliarie

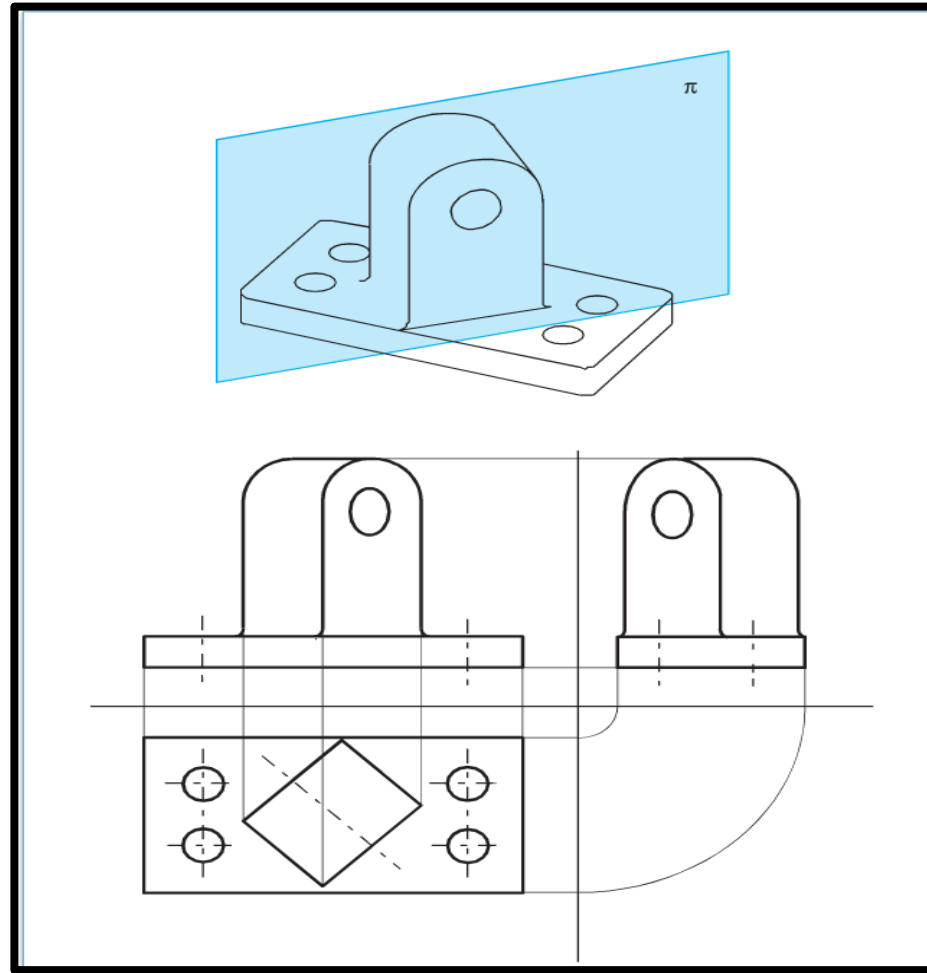
Si definisce ***inclinata*** una superficie perpendicolare ad uno dei piani di proiezione, ma non parallela a nessuno degli altri due piani; essa apparirà in due delle tre viste in modo distorto, mentre nella terza apparirà come una linea.



*Fig. 31 – Proiezione di un solido con superfici inclinate*

Nel caso in figura 31, la vista in pianta e la vista di fianco consentono di apprezzare la vera lunghezza dei contorni delle superfici A e B ***solo*** in direzione dello spessore. La vera lunghezza nell'altra direzione compare ***solo nel prospetto***, poiché le altre due viste delle due superfici forniscono, per i lati in tale direzione, dimensioni ridotte di un fattore proporzionale all'angolo di inclinazione.

Un altro esempio di superficie inclinata è mostrato nella figura 32.

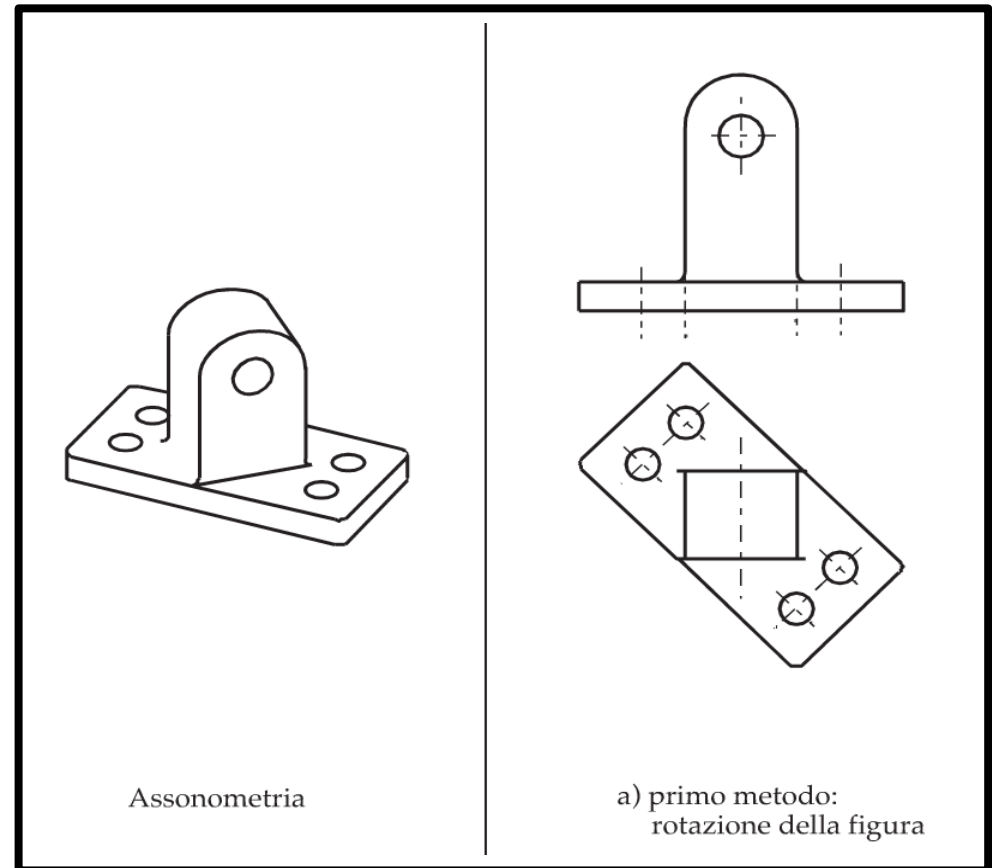


*Fig. 32 – La superficie inclinata non appare nella sua vera forma nel prospetto e nel profilo; occorre allora ricorrere al metodo di Fig. 32a o al metodo di Fig. 32b (vedi slides successive)*

Se fosse importante poter apprezzare la reale forma e la vera dimensione di una particolare superficie inclinata, bisogna allora :

- o **posizionare l'oggetto da rappresentare tramite proiezioni ortogonali in modo che il piano su cui giace la superficie sia parallelo a un piano principale**
- oppure ricorrere a **viste ausiliarie**.

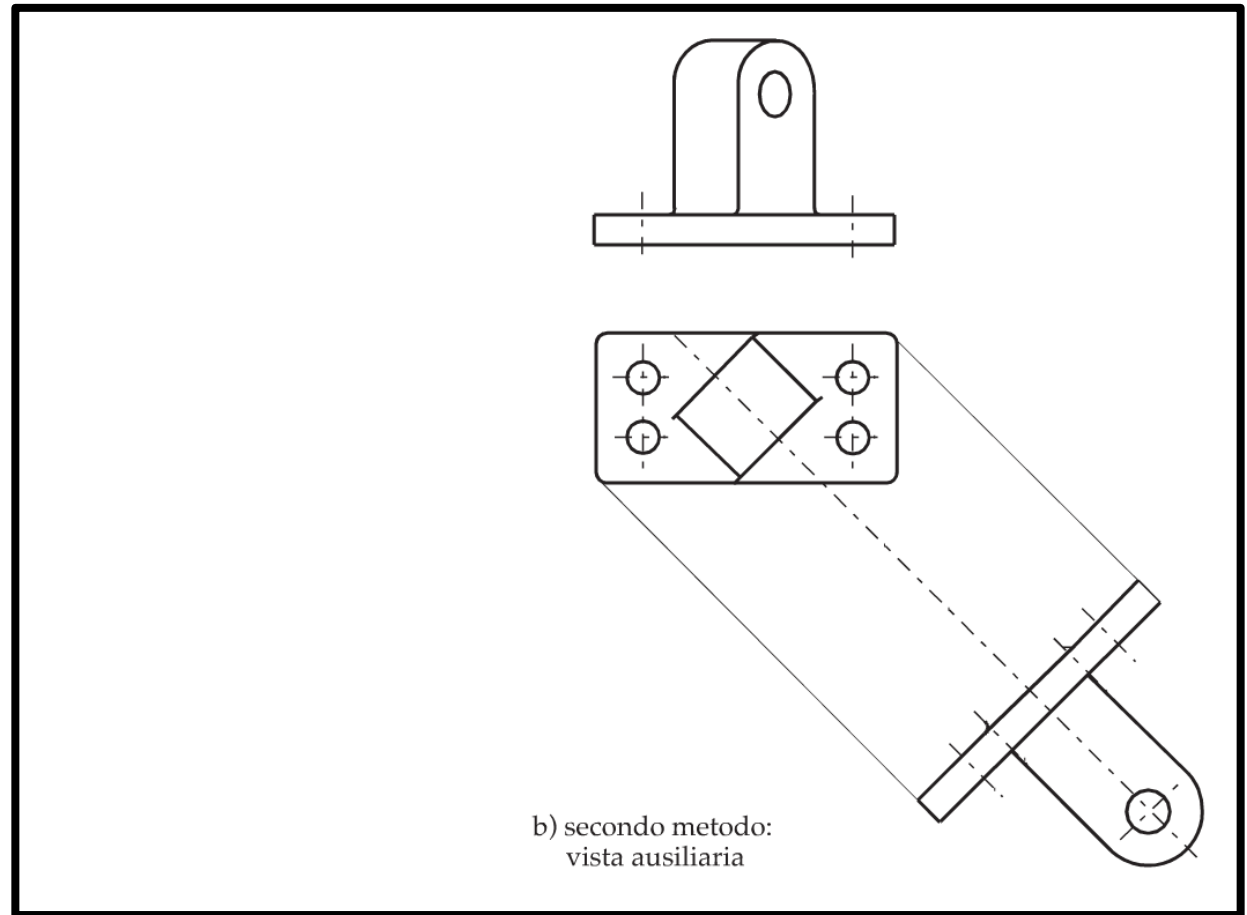
**Con il primo metodo**, da utilizzare in pratica (figura 32a), si deve “ruotare” l'oggetto in modo che il piano  $\pi$ , su cui giace la superficie, divenga parallelo ad uno dei tre piani di proiezione principali



*Fig. 32a – Proiezione del solido “ruotato” sui piani principali*

**Con il secondo metodo** (da utilizzare solo in casi eccezionali) (figura 32b) gli stessi risultati (rappresentazione in vera forma e dimensione della superficie inclinata) si ottengono eseguendo un'**ulteriore proiezione** dell'oggetto su un piano che sia parallelo a  $\pi$ .

Una vista definita in questo modo, cioè con una proiezione su un piano diverso da quello orizzontale, verticale o laterale, prende il nome di **vista ausiliaria**.



*Fig. 32b – Proiezione del solido su un piano ausiliario*

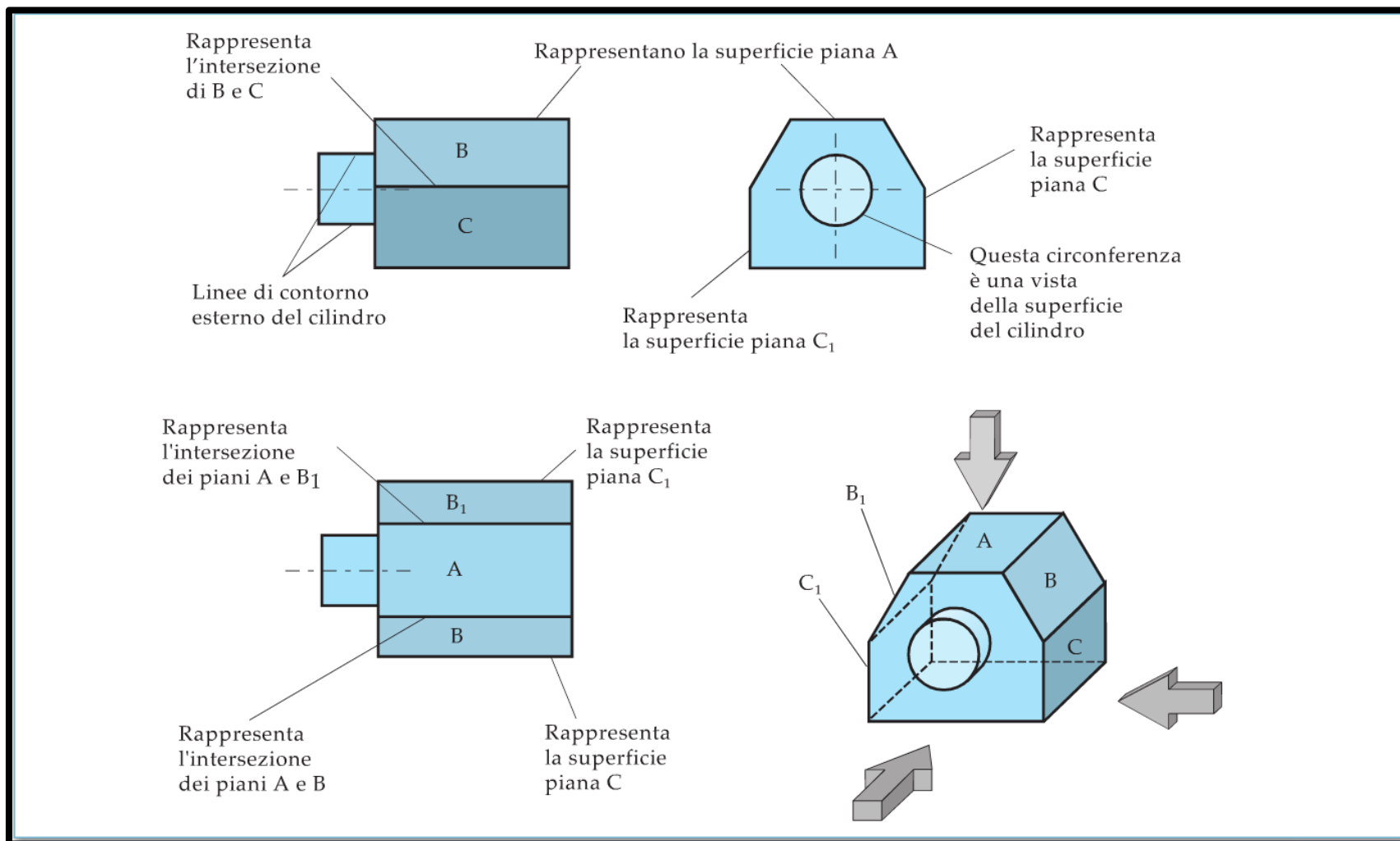
## Linee in vista

Nella proiezione ortogonale di un **oggetto reale**, le linee in vista (linea tipo 01.2 continua grossa) possono avere uno dei seguenti tre significati:

- a) possono rappresentare l'**intersezione** (spigolo) tra due superfici ;
- b) possono rappresentare un **contorno** del pezzo;
- c) possono rappresentare la **traccia** di una superficie piana perpendicolare ai piani di proiezione

In generale, il significato di una linea in ogni vista può essere determinato attraverso l'esame contemporaneo delle altre viste (figura 33, slide seguente).

Il processo di visualizzazione di un oggetto a partire dalle sue proiezioni ortogonali consiste quindi nel *formarsi mentalmente un'immagine dell'oggetto*, passando successivamente da una linea ad un'altra, fino a che il significato di tutte le linee del disegno sia stato univocamente determinato.



*Fig. 33 – Significato delle linee in vista in una proiezione ortogonale*

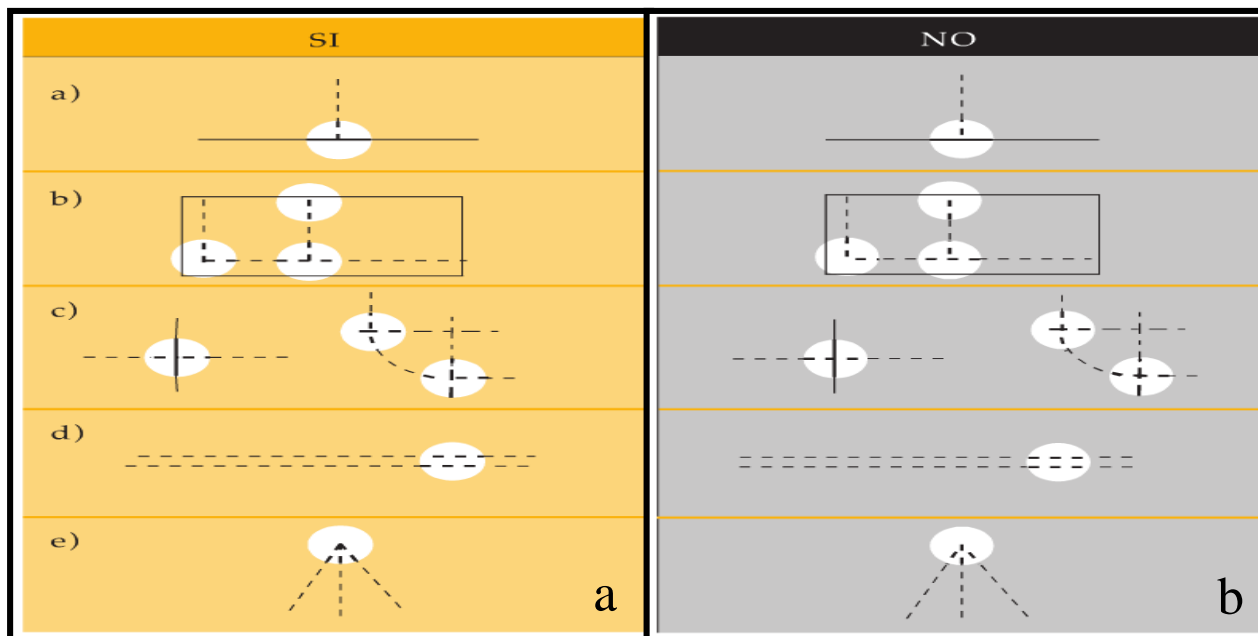


# Linee non in vista

Fatta eccezione per pezzi particolari, una rappresentazione completa dovrebbe comprendere *numerosa linee non in vista*, come capita ad esempio, quando si disegnano oggetti con singolarità geometriche interne.

**Per rappresentare l'interno di un pezzo però si ricorre alle «sezioni»** (come si vedrà in seguito); si riportano comunque, per opportuna conoscenza, alcune semplici regole per rappresentare correttamente *le linee reali non in vista*.

La linea da usarsi è del tipo *a tratti*, che nei disegni meccanici, è a tratti fine (linea 02.1).



*Fig. 34 – Uso della linea tratteggiata con evidenziato nei circoletti bianchi gli incroci corretti a) e sbagliati b)*

# Regole di priorità

Importante ricordare l'**ordine gerarchico** (già visto nel Cap.2) in caso di sovrapposizione in una qualunque delle proiezioni ortografiche di un disegno tecnico: la linea ***più significativa*** prevale sulle altre, secondo il seguente ordine:

- 1) contorni e spigoli in vista (linea continua grossa, **tipo A ora 01.2**);
- 2) contorni e spigoli nascosti, da rappresentare solo nei casi in cui le parti nascoste degli oggetti da disegnare non siano evidenziabili con sezioni (linea a tratti fine, **tipo F ora 02.1**);
- 3) tracce dei piani di sezione (linea mista punto e tratto lungo, fine, grossa alle estremità ed alle variazioni della traccia dei piani di sezione, **tipo H ora 04.2**). Questa modalità verrà approfondita nella lezione «sezioni»;
- 4) assi di simmetria o tracce di piani di simmetria (linea mista fine, **tipo G ora 04.1**);
- 5) linee per applicazioni particolari (linea mista punto e tratto lungo fine, **tipo K ora 05.1**);
- 6) linee di riferimento per la quotatura (linea continua fine regolare, **tipo B ora 01.1**).

## Metodi pratici di proiezione

Negli esempi fino ad ora presentati, sono state riportate la *linea di terra* e la *linea verticale* (corrispondenti alle tracce dei piani di proiezione), oltre alle *linee di costruzione*, allo scopo di facilitare la comprensione dei diversi procedimenti per la realizzazione delle proiezioni ortogonali di un pezzo.

**Da ora in poi in un disegno tecnico, saranno rappresentate soltanto le proiezioni**, per evidenti motivi di chiarezza e di “pulizia” del disegno.

**In un disegno tecnico è quindi considerata un errore la rappresentazione delle tracce dei piani principali di proiezione e delle linee di costruzione.**

**IMPORTANTE**

# Casi particolari

# Oggetti simmetrici

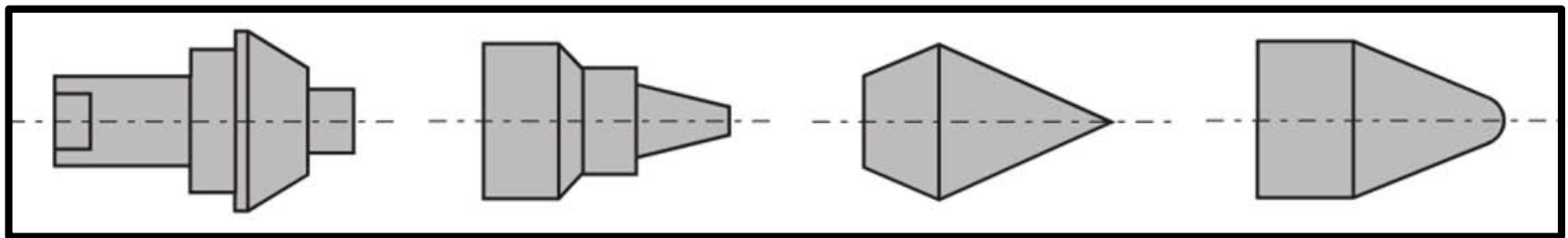
L'**asse di simmetria di una figura piana** è una retta che divide la figura in due parti specularmente uguali ; esso rappresenta la traccia del piano di simmetria ortogonale al piano della figura.

L'asse di simmetria va **sempre** rappresentato e si utilizza una **linea mista punto e tratto lungo fine** (04.1).

Un caso particolare è l'**assialsimmetria** che riguarda tutti i solidi di rivoluzione.

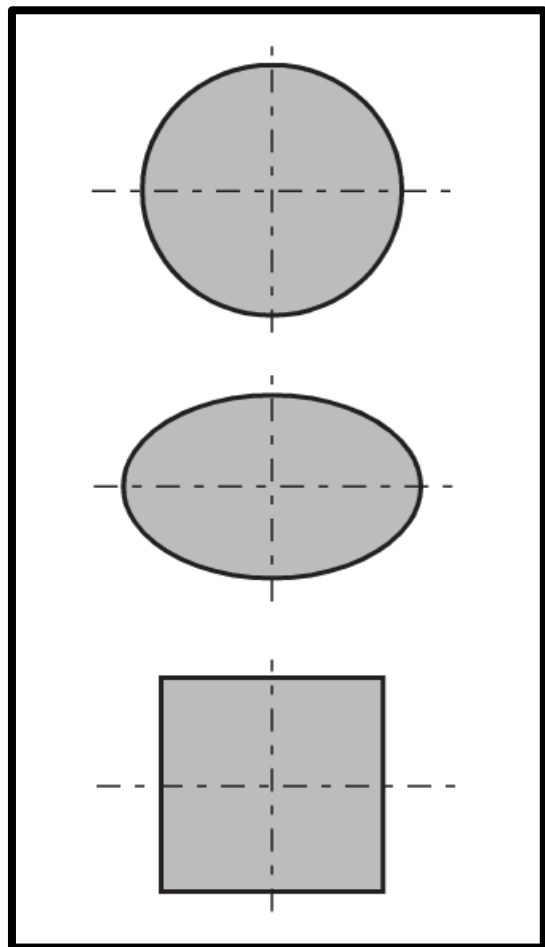
In ogni vista su piani *paralleli* all'asse di rivoluzione, quest'ultimo deve essere rappresentato con linea 04.1 (figura 36).

Nella vista *perpendicolare* all'asse di rivoluzione, i contorni del solido di rivoluzione assumono la forma di **cerchi**



*Fig. 36 – Tutti i solidi assialsimmetrici devono avere un asse*

**IMPORTANTE**

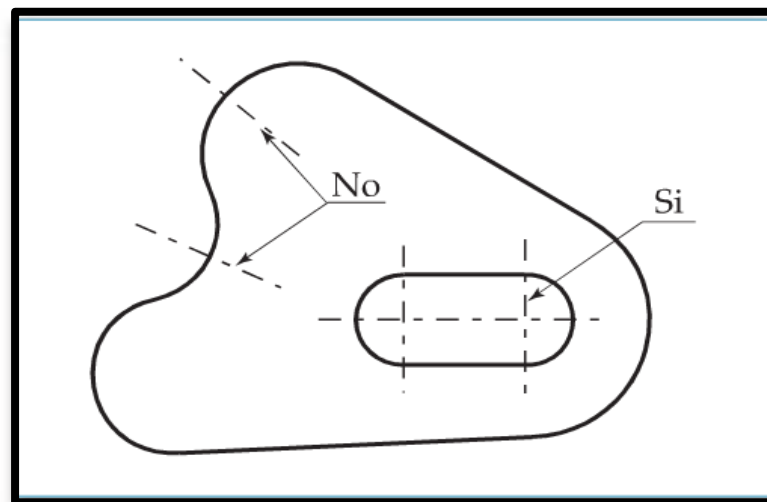


*Fig. 37– Tutti i cerchi e le altre figure simmetriche devo avere gli assi*

Un **cerchio** ammette un numero infinito di assi di simmetria, ma per convenzione se ne rappresentano **solo** due ad angolo retto fra di loro (figura 37); la stessa cosa vale anche per altre figure che ammettono più assi (ad esempio in quadrato ne ammette quattro, ma se ne disegnano solo due, omettendo i due assi diagonali)

Quando si rappresenta **un cerchio o un semicerchio**, è **obbligatorio** disegnare i due assi perpendicolari; non c'è però assolutamente bisogno di disegnare gli assi nel caso di **raccordi** (figura 38).

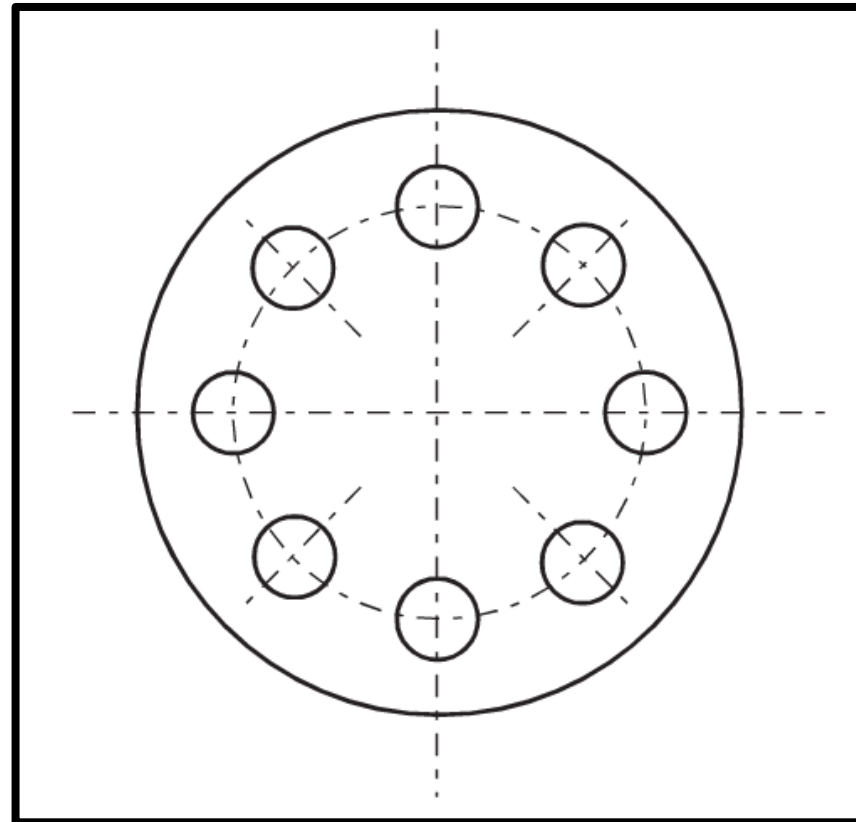
**IMPORTANTE**



*Fig. 38 – Non si disegnano gli assi nel caso di raccordi*

I centri dei cerchi disposti lungo una circonferenza vengono individuati dall'intersezione tra una linea d'asse radiale e la circonferenza su cui stanno i centri stessi (figura 39).

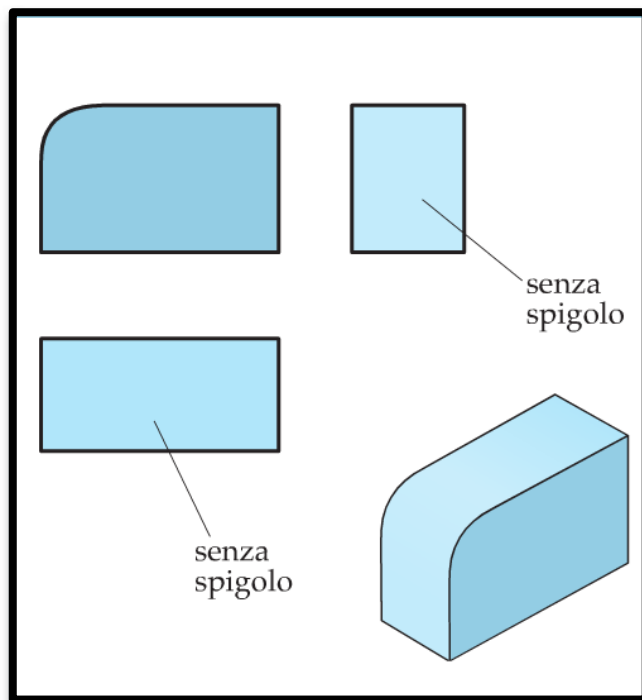
IMPORTANTE



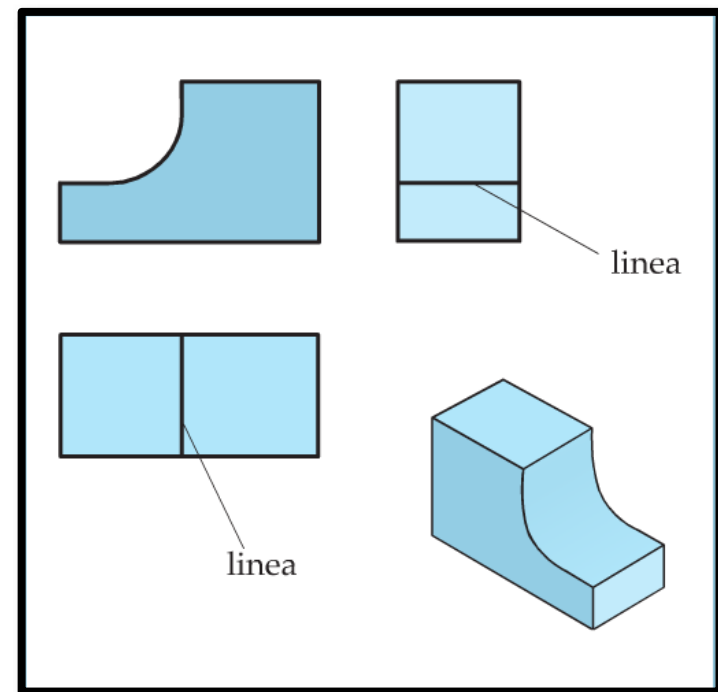
*Fig. 39 – Nel caso di fori disposti su una circonferenza, si disegnano gli assi radiali e la circonferenza dei centri*

# Raccordi e tangenze

Quando una **superficie curva è tangente** ad una **superficie piana** (figura 40a), non bisogna disegnare alcuna linea corrispondente alla tangenza; se però la **superficie curva interseca** un **piano** (figura 40b), bisogna disegnare lo spigolo conseguente.



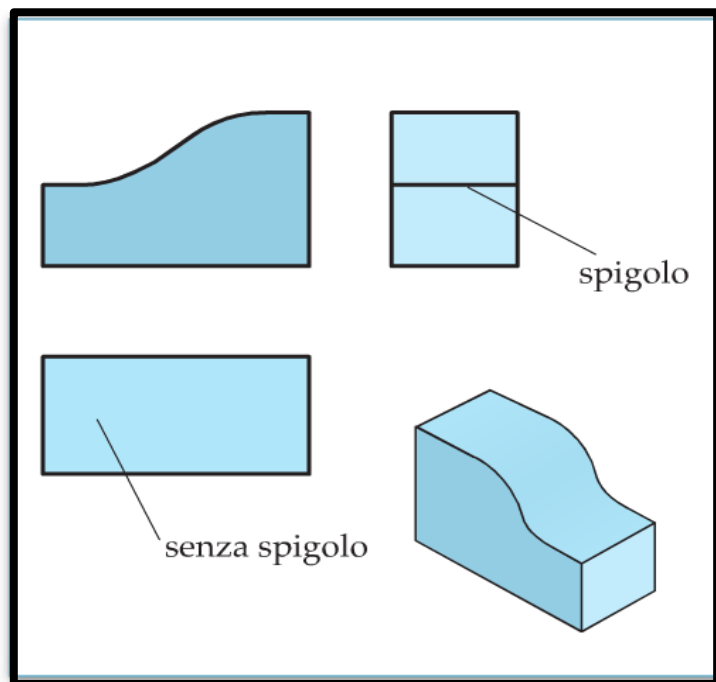
*Fig. 40a – Rappresentazione di tangenze*



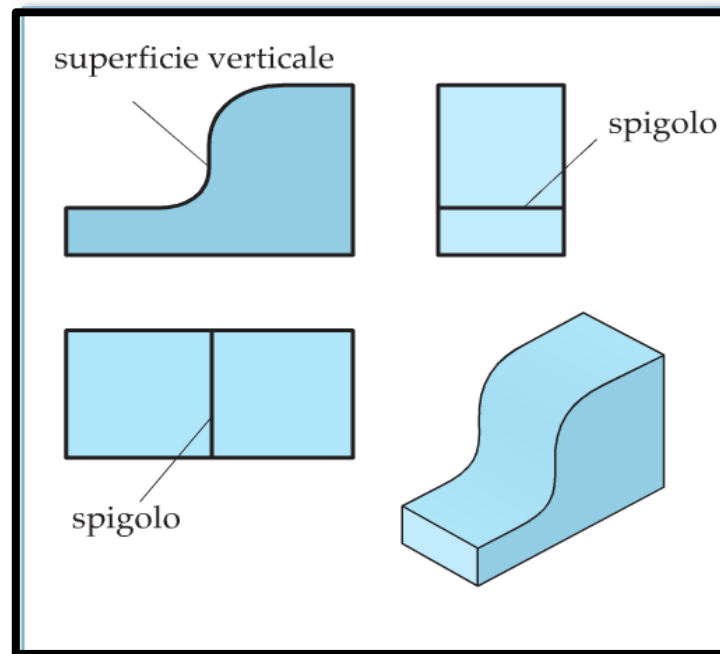
*Fig. 40b – Rappresentazione di intersezioni*



Se **due piani** sono **raccordati** come mostrato in figura 41c, nella vista in pianta non si vedrà alcuna linea; invece, se (come in figura 41d) il raccordo produce una superficie verticale, in pianta sarà visibile **la traccia** di tale superficie sul piano di proiezione.

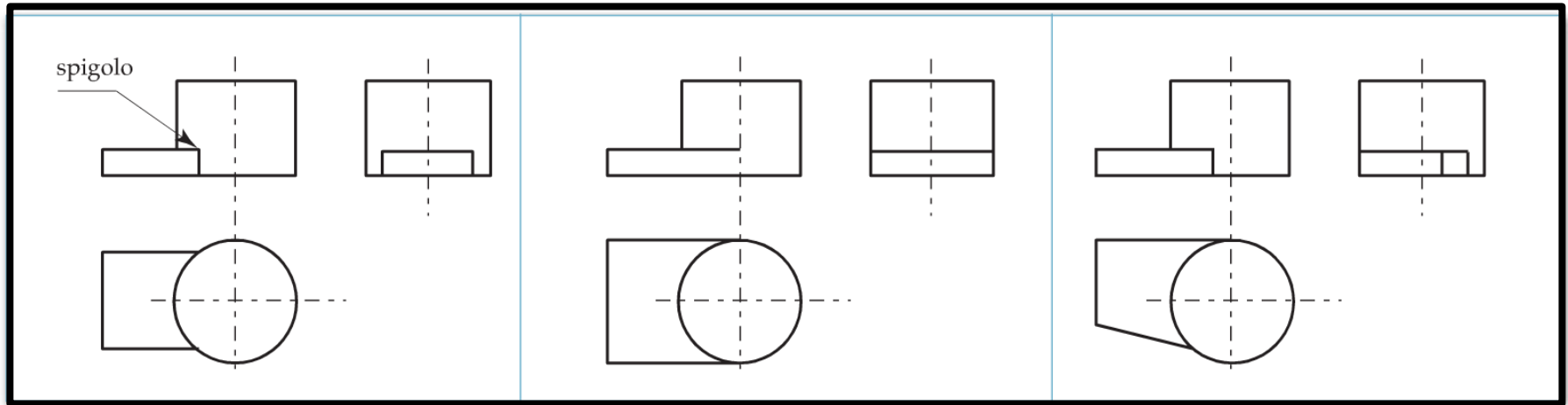


*Fig. 41c – Rappresentazione di raccordi che non producono superfici parallele ai piani principali*



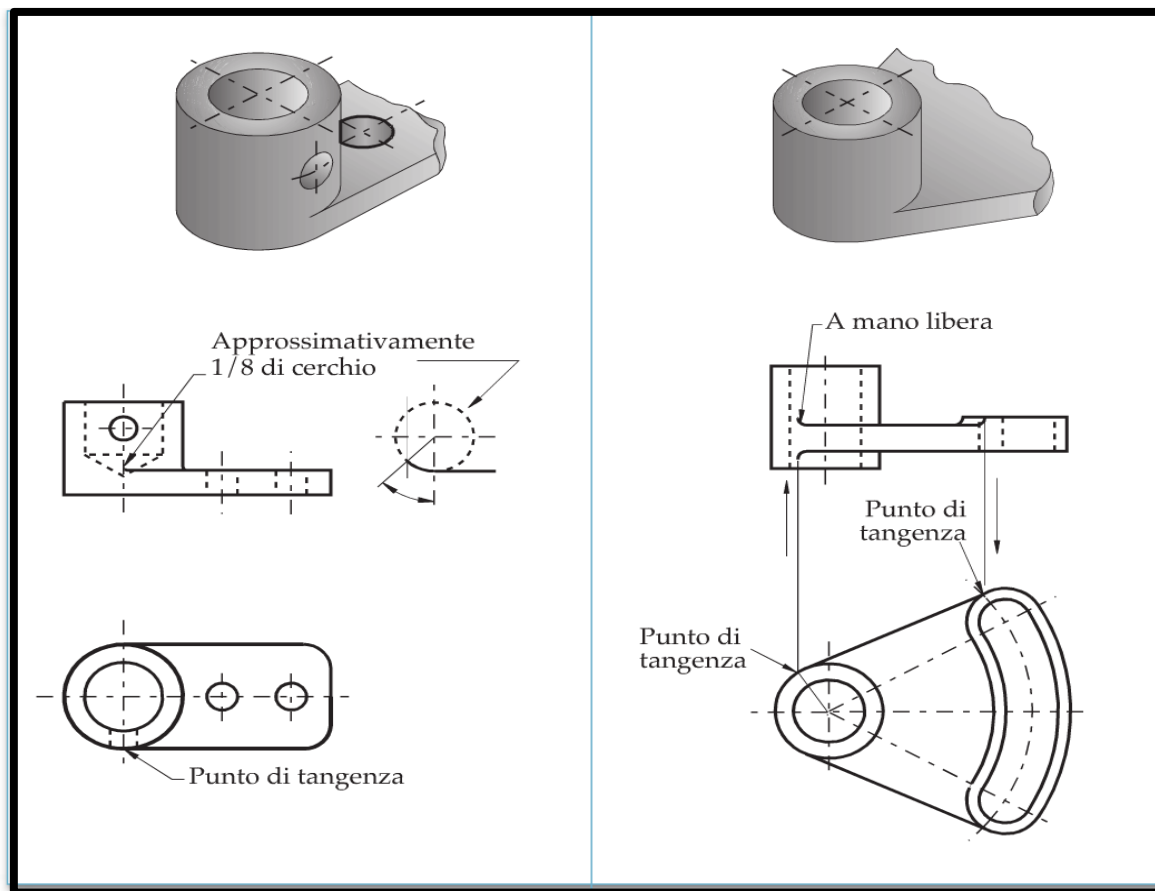
*Fig. 41d – Rappresentazione di raccordi che producono una superficie parallela ai piani principali*

Altre **intersezioni e tangenze non raccordate** abbastanza frequenti nella pratica sono mostrate in figura 42.



*Fig. 42 – Rappresentazioni di tangenze e intersezioni*

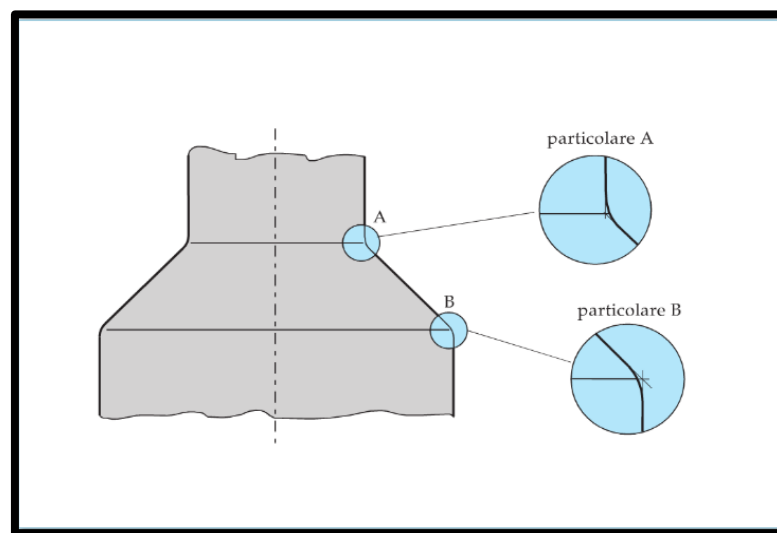
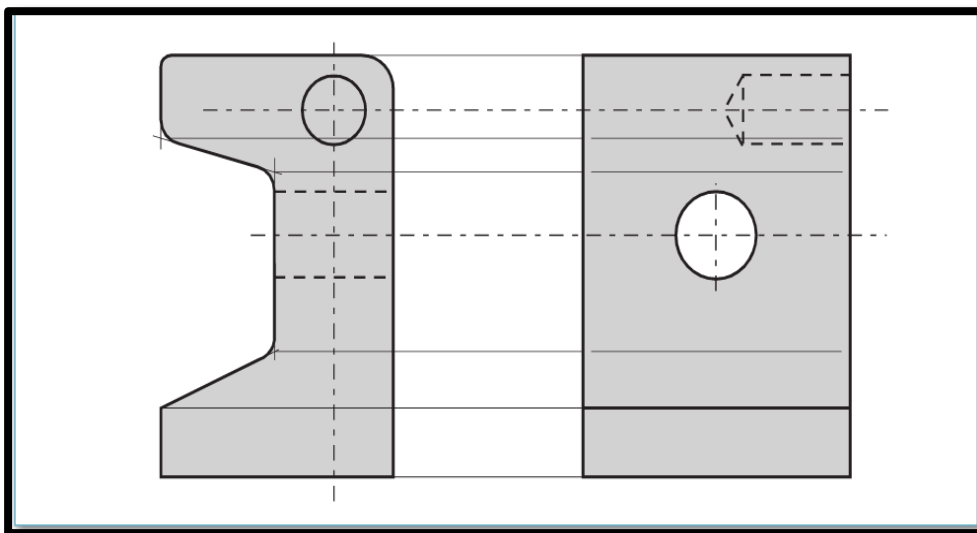
Quando le superfici si intersecano tramite raccordi, gli spigoli di intersezione non esistono; gli **spigoli arrotondati** si rappresentano con piccoli archi (figura 43), con un raggio eguale a quello del raccordo e con un arco approssimativamente uguale ad  $1/8$  di cerchio.



*Fig. 43 – Rappresentazioni di tangenze e intersezioni raccordate*

# Spigoli convenzionali

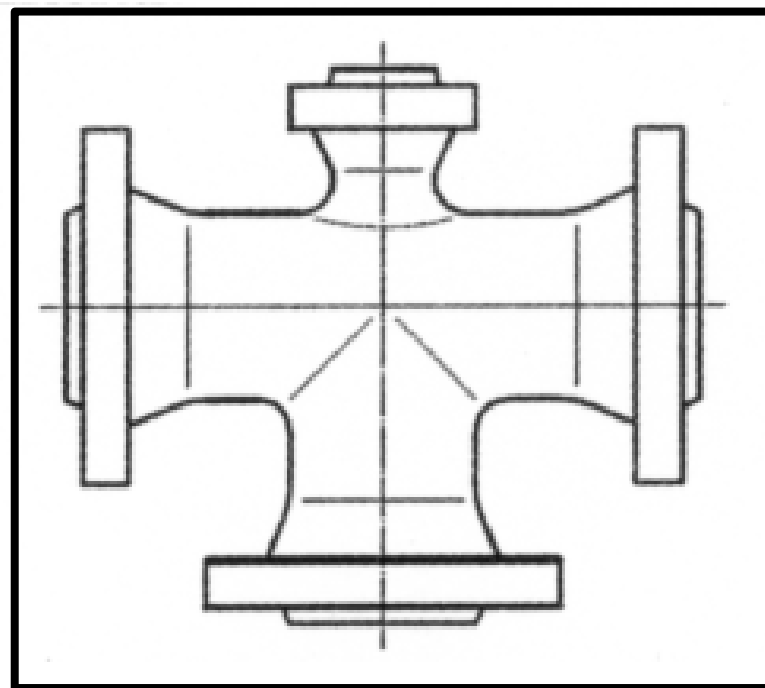
Nei pezzi in cui gli spigoli non rimangono “vivi”, ma vengono “arrotondati” con raccordi di piccolo raggio, non esiste più una linea che descrive lo spigolo in vista. Ciò può provocare difficoltà nella comprensione della forma del pezzo. Per facilitare la lettura del disegno, gli spigoli arrotondati da “piccoli” raccordi possono essere rappresentati dai cosiddetti **spigoli convenzionali**, tracciati con una **linea continua fine** (01.1).



*Fig. 44.1 e Fig. 44.2 – Procedimento per ottenere l’esatta collocazione dello spigolo convenzionale*

**IMPORTANTE**

Le figure 44.1 e 44.2 mostrano i procedimenti per ottenere l'esatta collocazione dello spigolo convenzionale che si ottiene prolungando le linee da raccordare ed individuando il loro punto di intersezione (vedi i particolari A e particolare B della Figura 44.2). La loro proiezione sarà lo spigolo convenzionale (vedi figura 44.1) che però **non deve raggiungere la linea di contorno** (figure 45 e 46)



*Fig. 45 – Nella rappresentazione di raccordi è indispensabile l'indicazione degli spigoli convenzionali*

Le figure 45 e 46 mettono in evidenza casi in cui è necessario l'uso di spigoli convenzionali per la rappresentazione di raccordi e arrotondamenti

**IMPORTANTE**

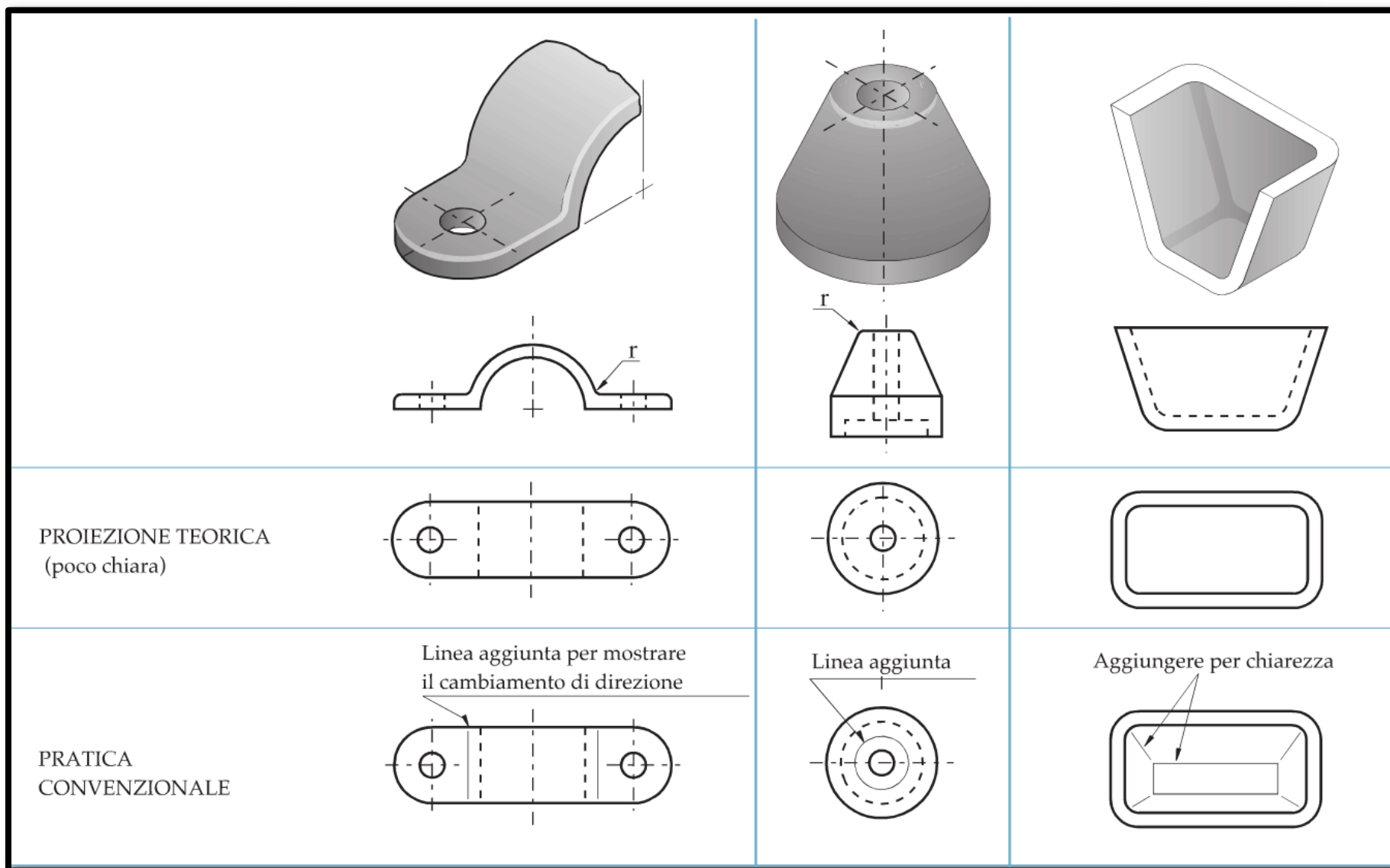


Fig. 46

**IMPORTANTE**

## Altre particolarità di rappresentazione

La normativa sul disegno tecnico, oltre a stabilire dimensioni e forma di linee, scrittura, fogli, ecc..., ha regolamentato, come si è visto, la rappresentazione degli oggetti reali .

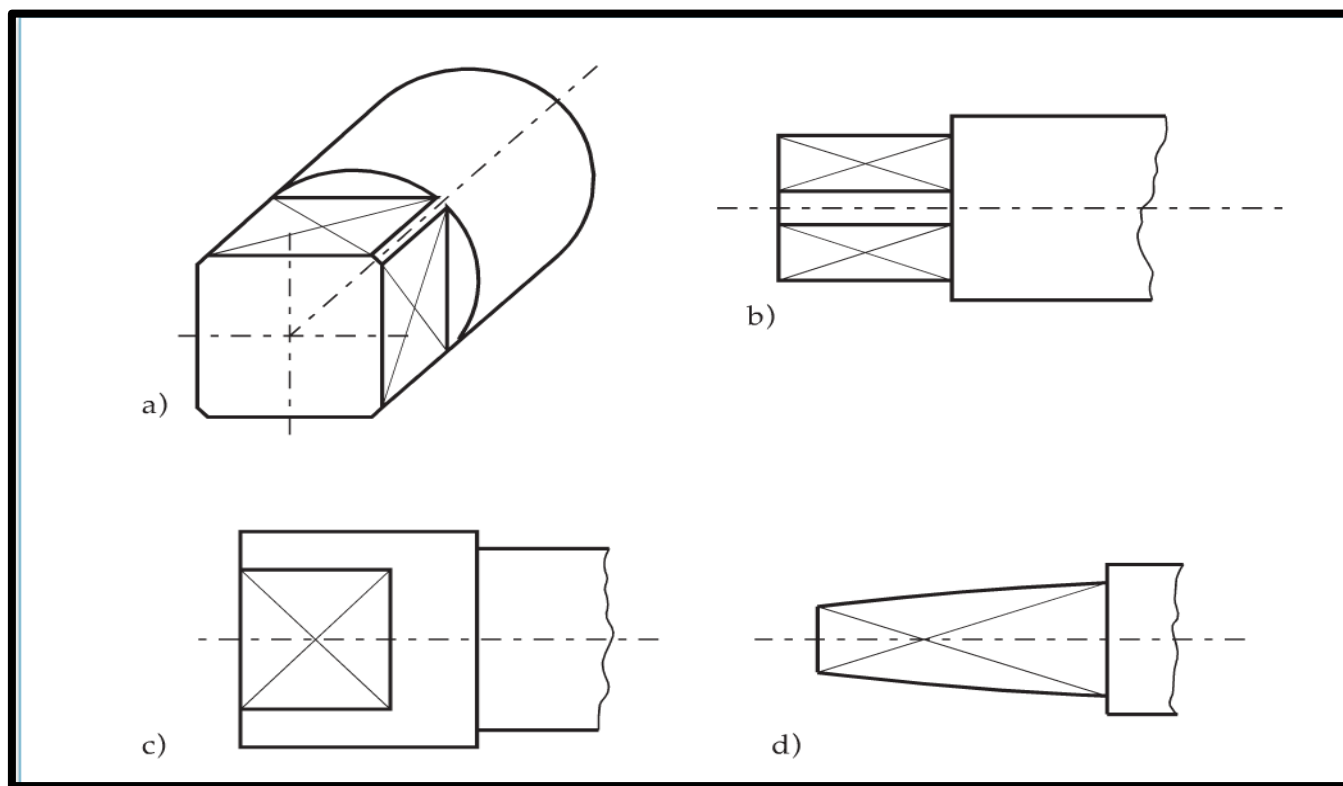
Il disegno risultante è perciò un **disegno convenzionale**, in quanto esso non è rappresentativo del reale aspetto degli oggetti, ma attraverso un opportuno uso del segno grafico indica aspetti particolari, lavorazioni, entità che consentano la costruzione effettiva degli oggetti rappresentati.

Un'estensione di questo concetto ha portato ad elaborare ulteriori norme che modificano ancora la stessa rappresentazione già codificata, aumentandone il grado di astrazione, senza diminuirne tuttavia la comprensibilità.

Nella tabella UNI ISO 128-34 sono impartite alcune regole e convenzioni per l'esecuzione di disegni in vari casi particolari.

## Rappresentazione di superfici piane in vista ricavate su un corpo cilindrico o troncoconico

Quando la chiarezza lo richiede, le superfici piane ricavate su un corpo cilindrico o troncoconico possono essere indicate con due diagonali tracciate con linea continua fine (01.1) come indicato nella figura 47.

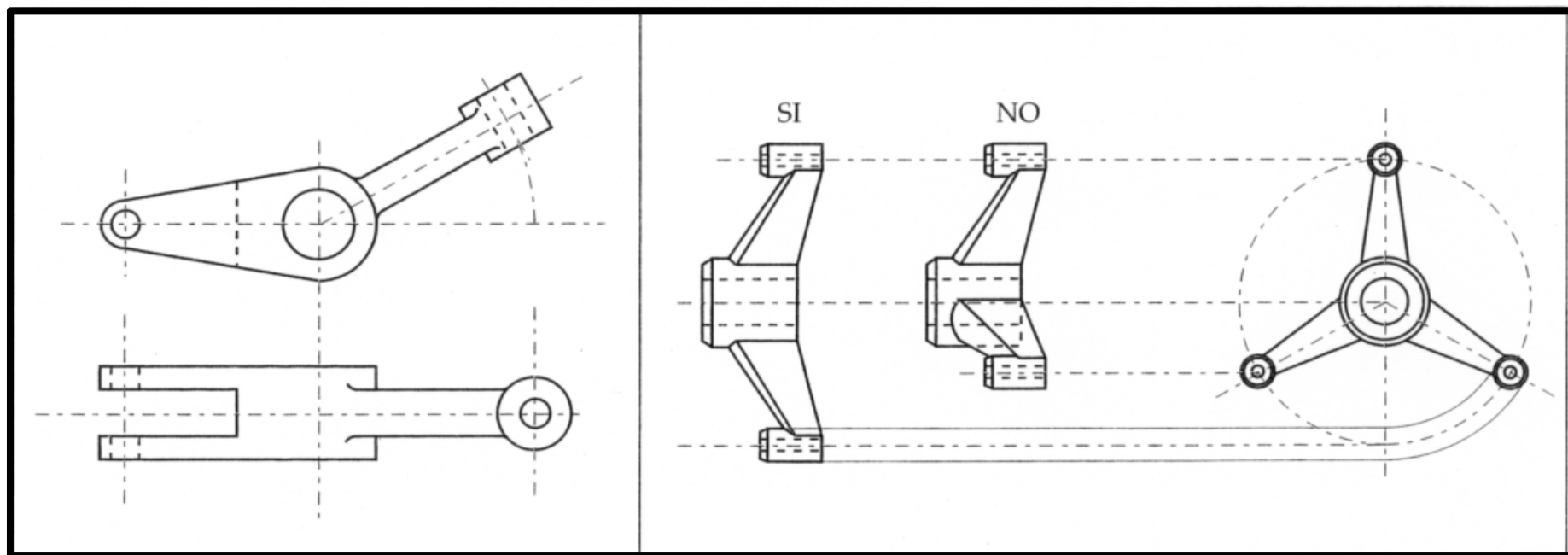


*Fig. 47*



# Rappresentazione delle parti che risultano di scorcio in una delle viste

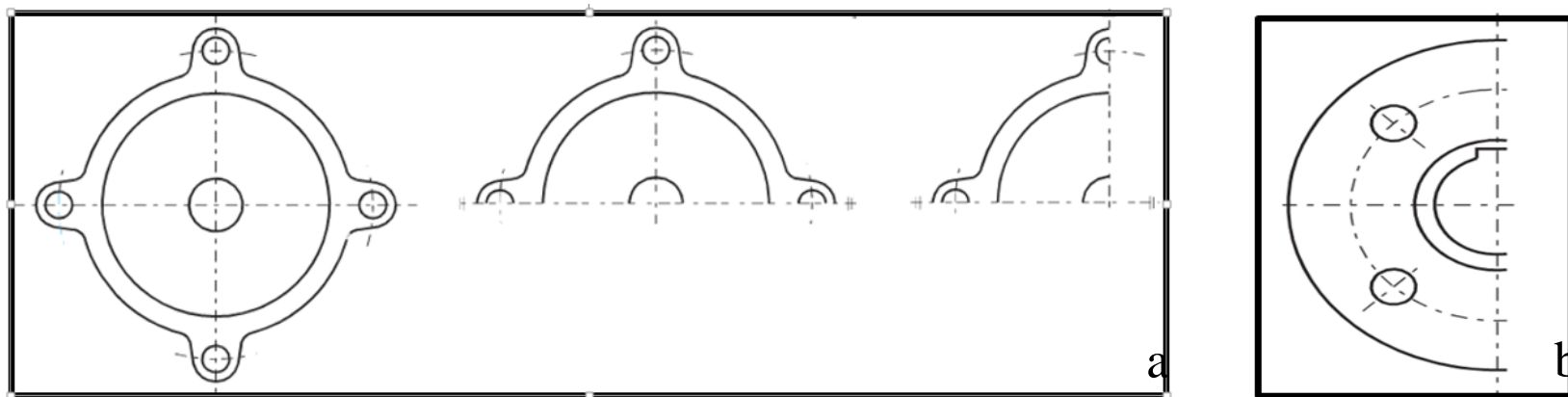
Tutte le parti che risulterebbero di scorcio in una delle viste *possono*, per ragioni di chiarezza, essere ribaltate in modo da venire rappresentate in vera grandezza. In questo caso occorre indicare sul disegno con opportuni archi di circonferenza a linea mista punto e tratto lungo fine (04.1) la traiettoria seguita dai punti caratteristici della parte ribaltata (vedi figura 48).



*Fig. 48 – Ribaltamento di parti che risulterebbero di scorcio*

## Rappresentazione parziale di oggetti simmetrici

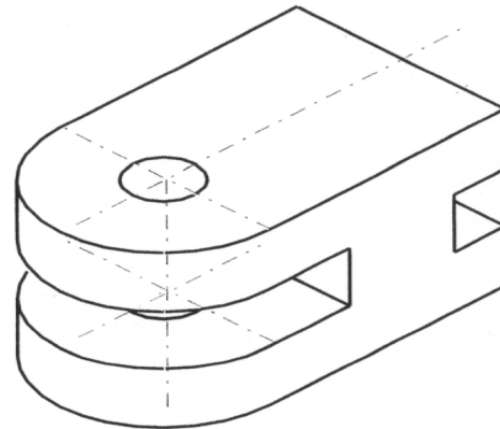
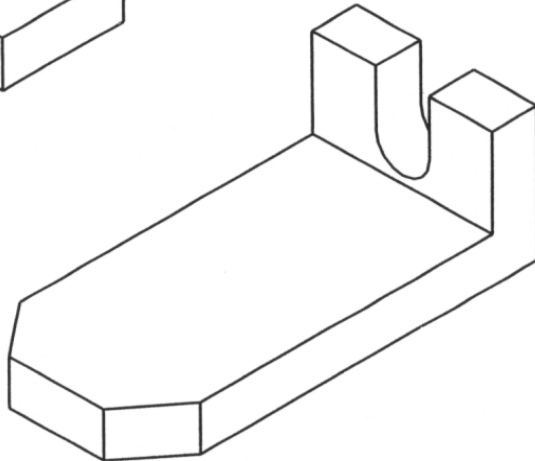
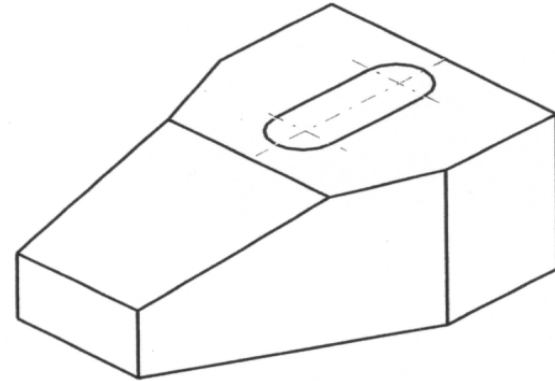
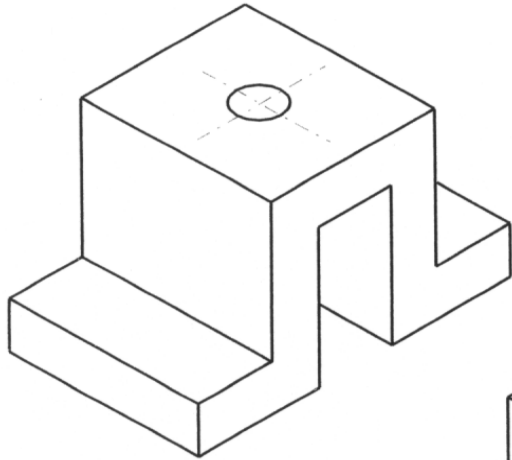
Gli oggetti simmetrici possono essere disegnati per metà o un quarto della loro vista completa; in questo caso gli assi di simmetria delimitanti la parte rappresentata devono essere contrassegnati su ciascuna delle loro estremità con *due brevi tratti paralleli e perpendicolari agli assi*, eseguiti con linea fine (figura 49a). E' anche possibile, come in figura. 49b, qualora ciò non pregiudichi la chiarezza di interpretazione, prolungare brevemente le linee rappresentative dell'oggetto oltre gli assi di simmetria, *omettendo* però i due brevi tratti paralleli.



*Fig. 49 – Disegno semplificato di oggetti simmetrici: gli assi di simmetria delimitanti la parte rappresentata sono contrassegnati da 2 tratti brevi paralleli (a), che possono essere omessi (b) qualora ciò non pregiudichi la chiarezza di interpretazione.*

# Esercizi di rappresentazione (facoltativi)

# Rappresentare in proiezione ortogonale, con il minimo numero di viste, i pezzi indicati



## Norme di riferimento per il Cap. 3

UNI EN ISO 5456-1:2001	Disegni tecnici - Metodi di proiezione - Quadro sinottico
UNI EN ISO 5456-2:2001	Disegni tecnici - Metodi di proiezione - Rappresentazioni ortografiche
UNI ISO 128-30:2006	Disegni tecnici - Principi generali di rappresentazione – Parte 30: Convenzioni fondamentali per le viste
UNI ISO 128-34:2006	Disegni tecnici - Principi generali - Parte 34: Viste nei disegni di meccanica ed ingegneria industriale

*Fine Cap. 3*